CLASSIFICATION DES PONTS

La classification des ponts peut être différente selon le critère de classement : la fonction, les matériaux, la structure, le type de travées (indépendante, continue, cantilever), l'importance de l'ouvrage (courant - non courant) ou selon des critères propres aux familles d'ouvrages (type de voûte pour les ponts voûtés ou types de nappes pour les ponts à haubans). Ces différents classements peuvent être croisés entre eux pour former des subdivisions.

Les ponts peuvent donc être classés suivant les différents critères suivants :

1. Suivant leurs destinations (La fonction d'un pont est liée à la fonction et nature de la voie de communication portée) *:*

1.1 Pont-route : sur lequel passent les routes et autoroutes.

→ Les principales structures sont :

- dalles pleines ou allégées par des perforations circulaires
- des tabliers à poutres multiples reliées par un hourdis nervuré.
- des tabliers tubulaires à poutres reliées en haut et en bas par un hourdis



Figure 1.1 : Pont-route

1.2 Pont-rail : sur lequel passe les chemins de fer. Outre sur ces ponts, la voie demeure ballastée pour que le passage ne constitue pas un point singulier. En générale, les tabliers supportent une seule voie; pour une ligne à

deux voies, il y a deux tabliers à accoler. Les ponts – rails ne sont donc pas monolithiques comme les ponts – routes.



Figure 1.2 : Pont-rail

1.3 Pont–canal : sur lequel passe des voies de navigation intérieures. Leurs tabliers comportent une bâche, qui contient l'eau et dont les parois constituent en même temps les poutres latérales. Cette bâche devant demeurer étanche sans fissures.

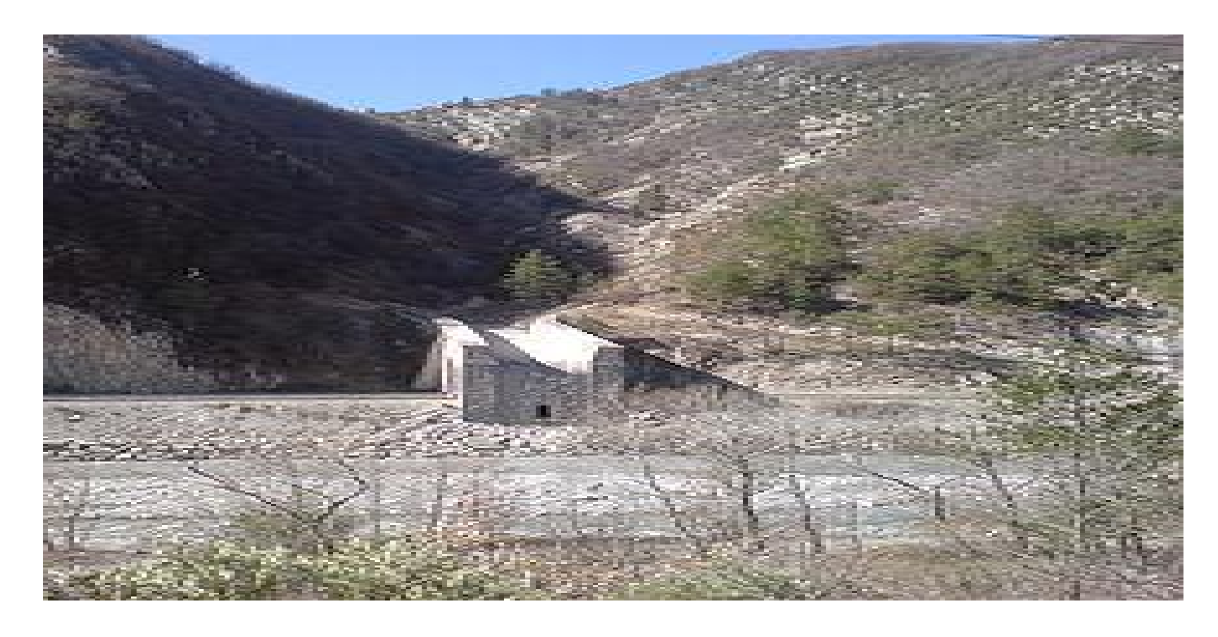


Figure 1.3 : Pont–canal

1.4 Pont rivière : Un pont-rivière est l'inverse d'un pont-canal, au lieu de faire passer le canal par-dessus une rivière (ou une autre voie de communication), c'est la rivière que l'on fait passer au-dessus du canal.

Ce genre d'ouvrage est rare car le lit de la rivière est déjà constitué, alors que le canal est construit.



Figure 1.4 : pont-rivière de l'Oudan à Roanne (Construit en 1897, en France.)

1.5 Pont couvert : Un pont couvert est un pont construit le plus souvent en bois, mais parfois aussi en maçonnerie. Il comporte un plancher supporté par des longerons ou des traverses, appuyé sur deux poutres triangulées et couvert d'une toiture, d'où son nom.



Figure 1.5 : Pont couvert *Kapellbrücke* à Lucerne, Suisse.

1.6 Pont habité : Un pont habité est un pont qui, outre sa fonction de support à une voie de communication, peut assurer certaines fonctions liées à la ville, comme l'habitat ou l'exercice d'activités.



Figure 1.6 : Pont Vecchio, à Florence, en Italie.

1.7 Pont flottant : dans les cas où l'emplacement et la construction des appuis sont impossibles. Destiné aux Oueds vastes et profonds.



- Figure 1.7 : Pont de bateaux (flottant).

1.8 Pont aqueducs : sur lequel passent les canalisations d'eau (Buses, ponceaux ou dalots)



Figure 1.8 : Aqueduc de Zaghouan, ou aqueduc de Carthage

1.9 Pont naturel : Le plus fameux de tous les ponts naturels est le Rock bridge (Virginie), à 120 km Ouest de Richmond. Il est traversé par le petit torrent appelé Cedar creek, dont le lit se trouve à plus de 200 pieds au-dessous de la voûte.



Figure 1.9 : Rock bridge aux USA



Figure 1.10 : Pont de Vallon en France

1.10. Passerelle à piétons : sur lequel passe les piétons.



Figure 1.11: Passerelle à piétons

1.11 Pont pour avion : Un pont-avion est un pont qui permet à des avions de franchir un obstacle en creux, en général une route, une rivière ou des voies de chemin de fer. Plusieurs ponts-avion permettent le franchissement de l'autoroute et d'autres voies routières par les pistes d'envol de l'aéroport ou les pistes permettant aux avions circuler entre les pistes. Ces ouvrages sont en général du type pont-dalle en béton précontraint. Ils doivent être capables de résister à des charges de train d'atterrissage de 600 t.



Figure 1.12 : Pont pour avion

1.12 Pont d'envol pour avion : Le pont d'envol est la partie d'un porte-avions utilisée pour le décollage des aéronefs embarqués. Sa longueur étant largement inférieure à celle d'une piste traditionnelle, on utilise une *catapulte* pour accélérer l'avion et faciliter son décollage.



Figure 1.13 : Pont d'envol du porte-avions américain Nimitz

2. Suivant la nature de leurs matériaux.

Ce classement tient compte des matériaux utilisés pour les éléments porteurs principaux. Cette classification nous permet de comprendre l'évolution historique des modes de construction.

2.1 Pont en bois : sont les plus anciens dans l'histoire de l'homme (N.B La Suisse, La Russie et Canada ont conservé et continuent à construire des ponts en bois, même de très grandes portées)



Figure 2.1 : Pont en bois

2.2 Pont en maçonnerie *(Pierre)* : les premiers ponts en pierre ont été construit par les Romains (Pont du Garde en Gaule, Pont Saint Ange à Rome). Ce sont des ponts en voûte, soit en plein cintre, soit sur baissés, en ellipse ou en anse de panier.



Figure 2.2 : Le pont de Zhaozhou,

Les ponts en pierre ont atteint une haute valeur architecturale tant par leurs formes générales que par l'appareil de la pierre taillée. On n'en construit plus, sauf pour les petits ouvrages : dalots et buses.

2.3 Pont métallique : La technique des ponts en métal a évolué avec l'amélioration de la fabrication de la fonte, puis du fer et enfin de l'acier. Le premier grand pont où l'acier fut très largement utilisé est le pont de Saint – Louis, sur le Mississippi, comportant trois arcs de 153, 159 et 153 m de portée.



Figure 2.3 : Le viaduc de Garabit

2.4 Pont en Béton Armé : Le progrès essentiel de la construction des ponts en béton armé ont été fait au début de 18ème Siècle.

Le premier pont en béton armé, c'est le pont de Monier Joseph (France), était réalisé en 1876 ayant une longueur de 16 m.

Les ponts en béton armé sont les plus répondus en Tunisie, leur nombre dépasse 1940 unités. Bien sur le béton armé est le matériau N° 1 utilisé, étant donné son coût assez économique par rapport aux autres.



Figure 2.4: Pont à poutres en Béton Armé

2.5 Pont en Béton Précontraint : le Béton précontraint a été imaginé en 1930 par Eugène Freyssinet. Le premier pont en béton précontraint a été construit par Freyssinet en 1936 sur l'Oued Fodda en Algérie, il est constitué de poutres de 19 mètres de portée. Les avantages de béton précontraint sont d'éviter les fissurations dans une large étendue des efforts de traction, de permettre des portées plus grandes que le béton armé. La première réalisation marquante a été le pont de Luzancy, commencée en 1941 – 1946 : Ouvrage à Béquille Optiques de 55 mètres de portée, sur la Marne, dont le tablier est constitué de poutres parallèles rapprochées en béton précontraint.



Figure 2.5 : Pont à poutres en Béton Précontraint

2.6 Pont Mixte *(BA / CM ou Maçonnerie / BA (ou BP))* : Ce type présente en général un appui en BA ou en Maçonnerie avec un tablier en CM ou en BA.



Figure 2.6: Pont Mixte.

3. Suivant leur disposition en plan :

En plan un ouvrage d'art est caractérisé par son **biais** et sa **courbure**.

A-1 Biais

Le biais géométrique ou plus simplement biais de l'ouvrage correspond à l'angle,α habituellement exprimé en grades, formé entre l'axe longitudinal de l'ouvrage (tablier) et les lignes d'appui. Cet angle peut varier d'un appui à un autre.

Compte tenu de cette définition, un pont est considéré comme :

A-2 Droit, lorsque l'angle de son biais géométrique est de ϕ = 100 grades (c.a.d les axes de la voie portée et les lignes d'appuis sont perpendiculaires,
ϕ= 90 °= 100 grades.).

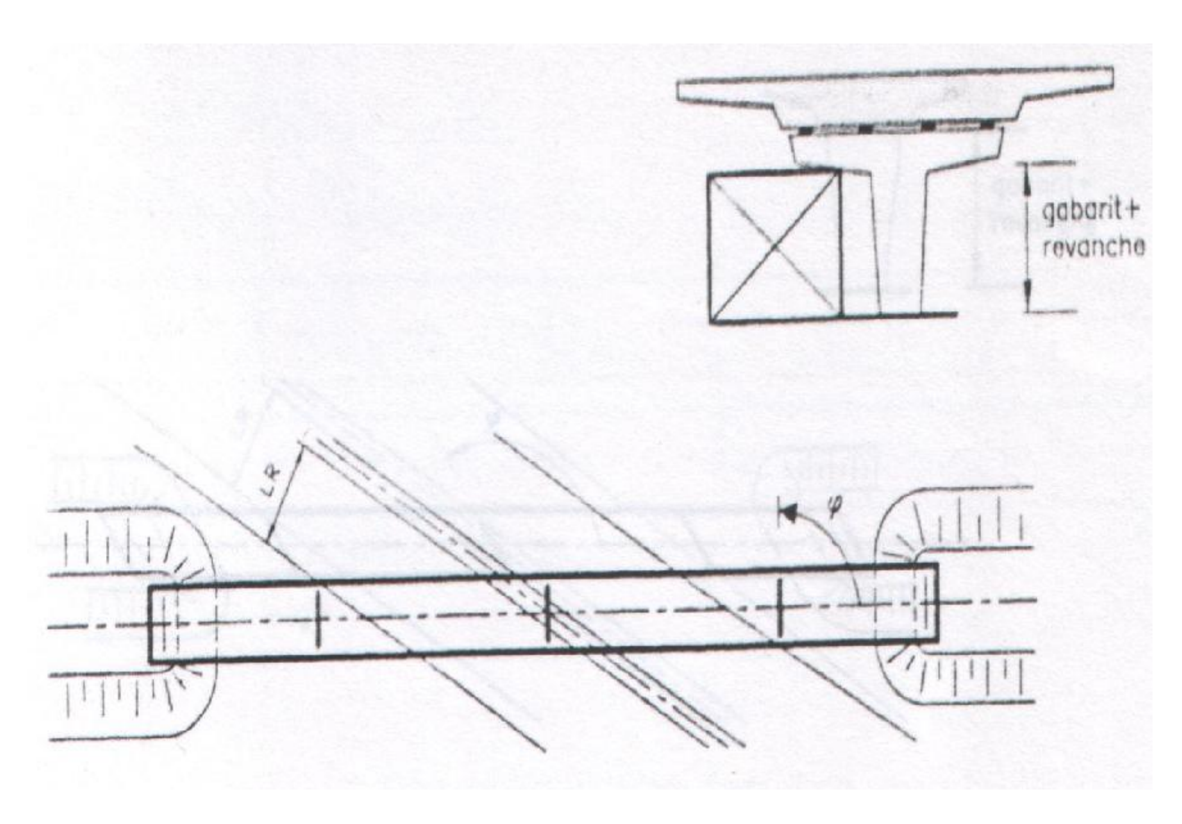


Figure 3.1 : Pont droit

A-3 Pont biais, lorsque l'angle de son biais géométrique ϕ est compris entre 60-70 et 100 grades.

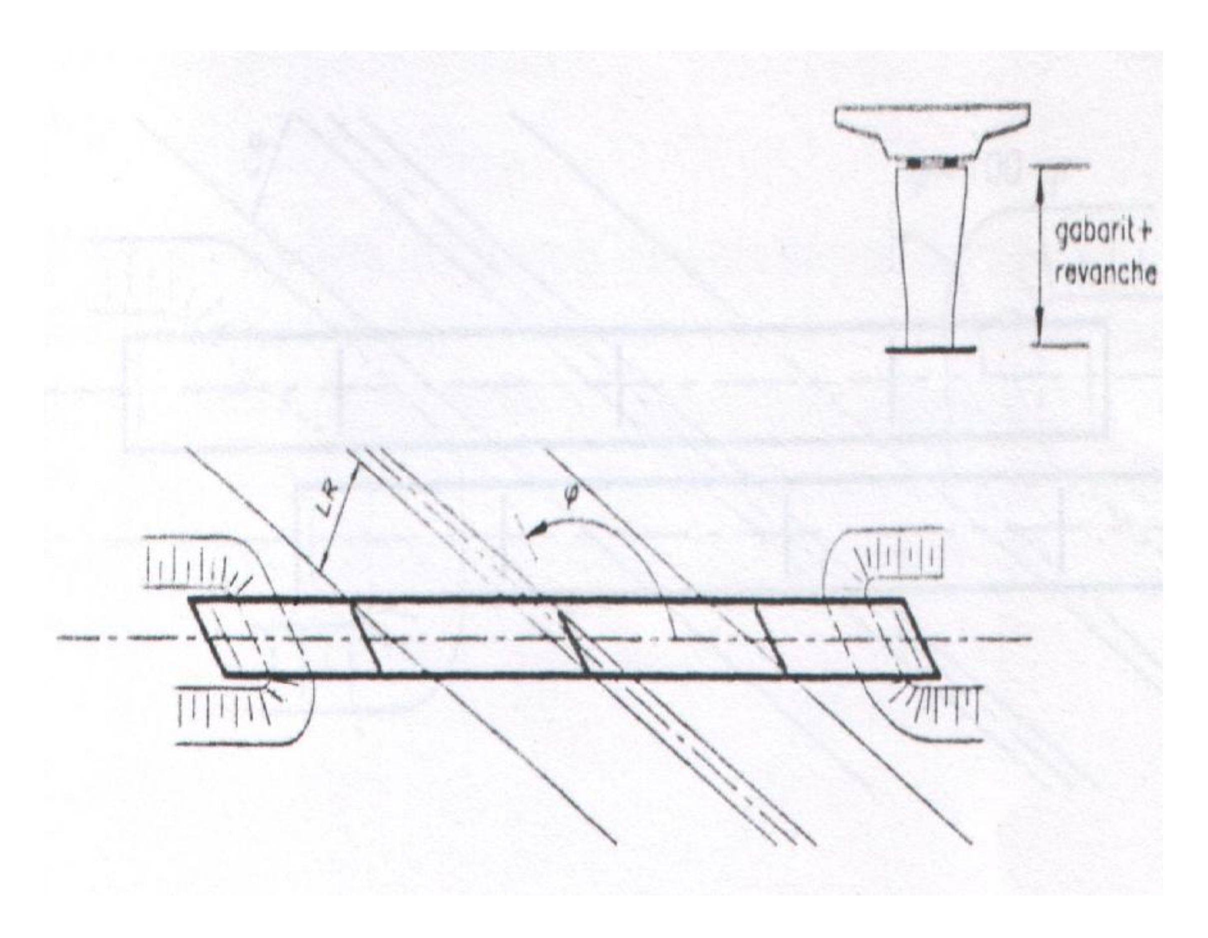


Figure 3.2 : Pont biais

A-4 Très biais, pour un angle plus faible.

Les angles de biais ne devraient que rarement descendre en dessous de 60 gr, des biais inférieurs à trente gr devant être proscrits.

NB : Il arrive que le biais de l’ouvrage,φ donnée important pour le fonctionnement mécanique du pont, soit différent du biais du franchissement des voiries (angle ϕ’ formé par l’axe longitudinal de l’ouvrage et l’axe de la voie franchie).

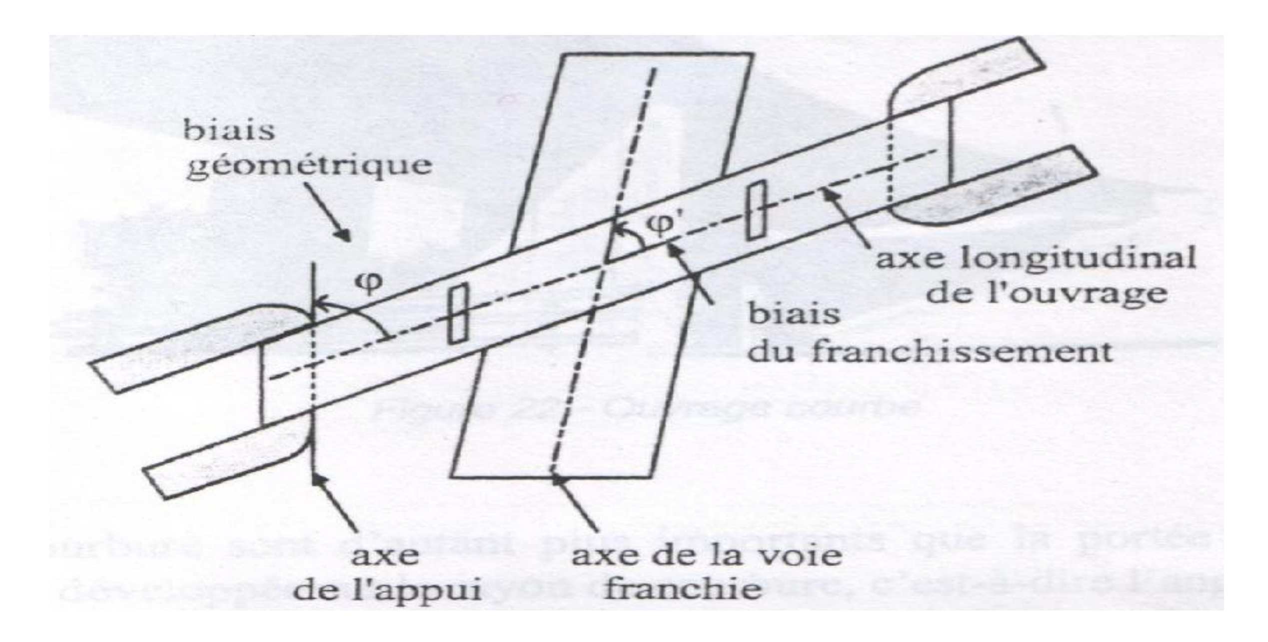


Figure 3.3 : Autre type du pont de biais

B *Courbes*

B-1 Pont courbe, l’axe de la voie portée est courbe. Ils sont des ouvrages plus difficiles à réaliser et en générale plus coûteux que les ponts droits.

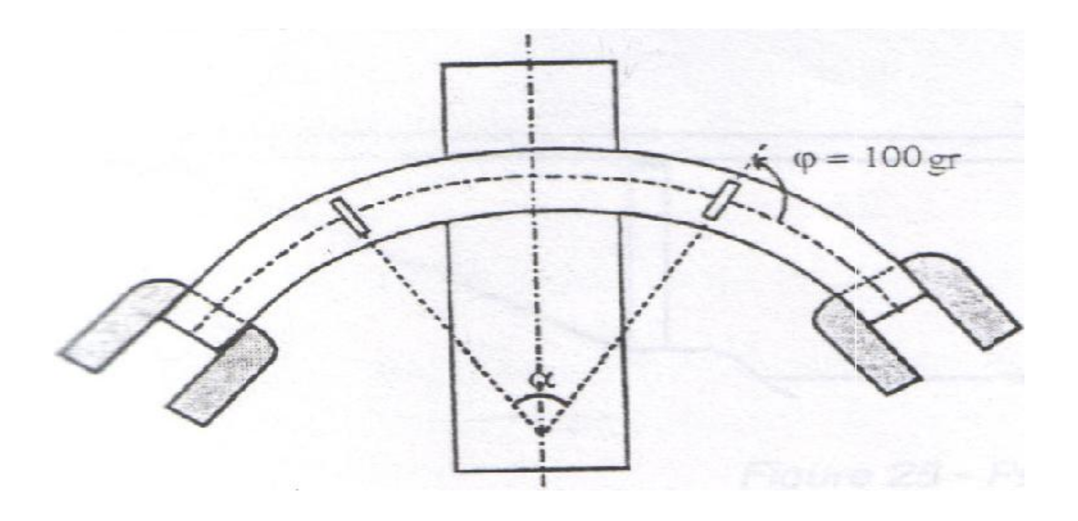


Figure 3.4 : Pont courbe à appuis radiaux.

Soient : R, le rayon de courbure

α, l'angle formé par deux appuis adjacents.

La portée angulaire : est égale au rapport de la portée développée sur le rayon de courbure

B-2 Pont courbe et biais

Lorsque les contraintes de site sont fortes, on peut être amené à concevoir des ouvrages à la fois biais et courbes.

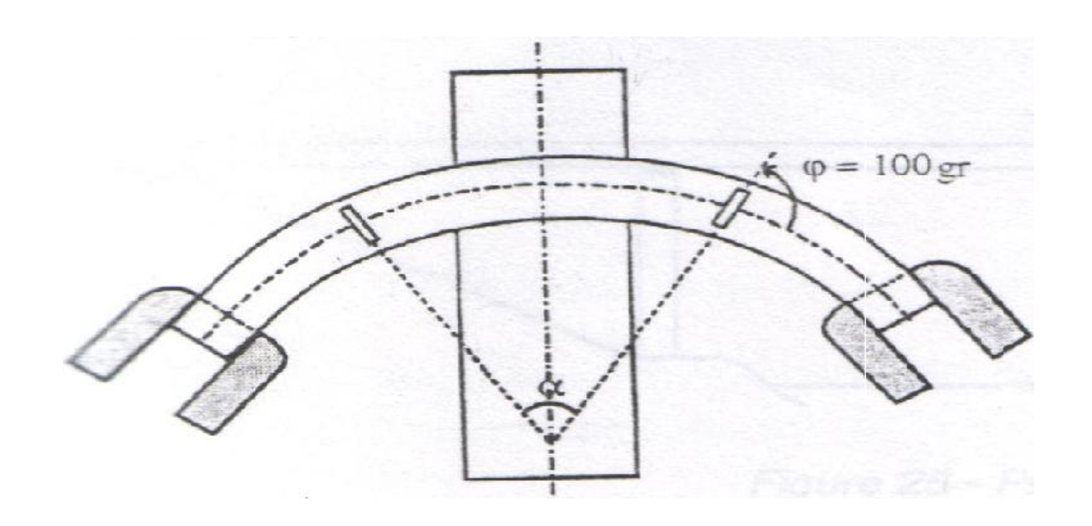


Figure 3.5 : Pont biais et courbe

4 Suivant leur niveau (position) :

Selon la position de l'ouvrage d'art, par rapport à l'infrastructure routière, l'ouvrage est qualifié de PI (Passage Inférieur) ou de PS (Passage Supérieur).

***4.1 Passage supérieur* (PS)** : ouvrage qui passe au-dessus de l'infrastructure routière considéré.

Dans le cas où l'ouvrage porte et franchit une route, il est à la fois PS pour la voie qu'il franchit et PI pour la voie qu'il porte.

Dans le d'une infrastructure routière ou autoroutière on a l'habitude de prendre cette voie comme référence et qualifier les ouvrages la portant de PI et les ouvrages la franchissant de PS.

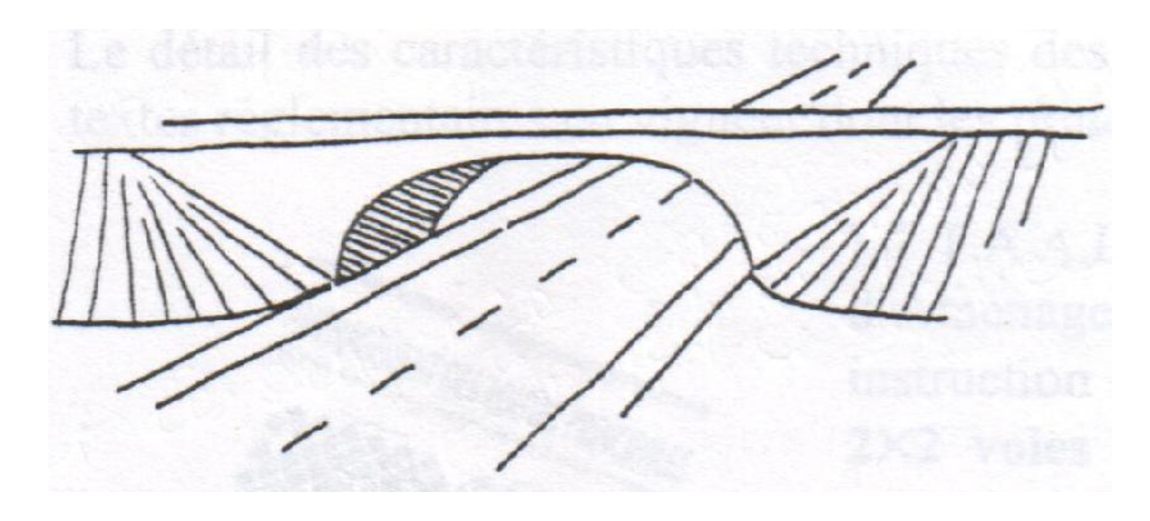


Figure 4.1 : Passage Inférieur

***4.2 Passage inférieur* (PI)**: ouvrage qui porte l'infrastructure routière considérée

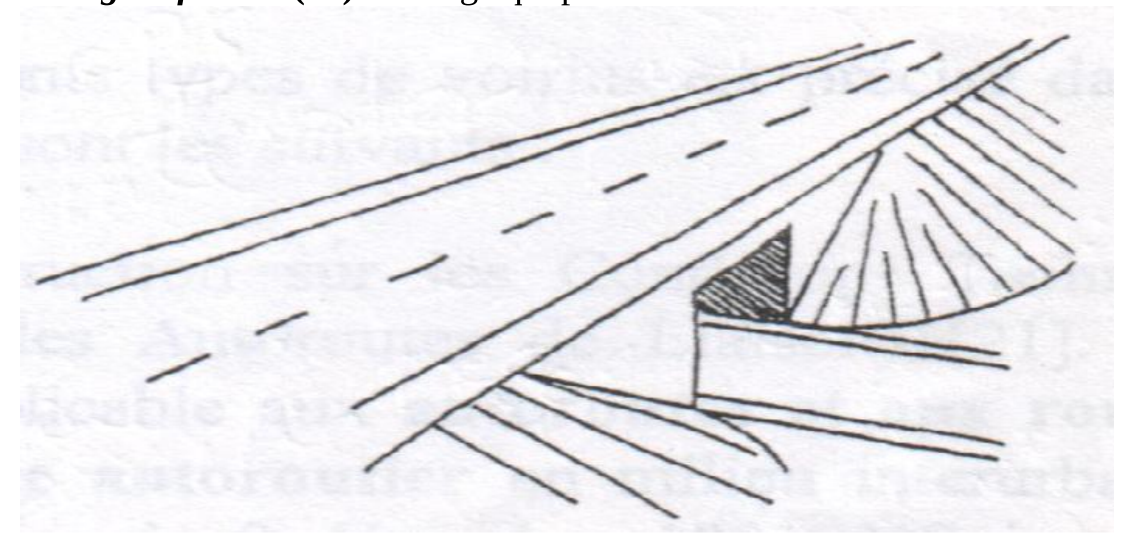


Figure 4.2 : Passage Inférieur

5 Selon la nature
5.1 Pont à tablier fixe
5.2 Pont mobile

Un pont mobile est un pont dont le tablier est mobile en partie ou en totalité. Lorsque la hauteur du gabarit de navigation est importante (zones portuaires, canaux à grand gabarit), la solution de son franchissement par un ouvrage fixe entraîne la construction d'ouvrages d'accès importants et parfois irréalisables par manque de place.

On peut distinguer :

- Un pont levant est un pont dont le tablier peut se relever par translation verticale, et libère le passage d'un bateau par exemple.
- Un pont tournant est un pont dont le tablier peut tourner horizontalement pour le présenter dans l'axe de la voie d'eau qu'il franchit et libérer ainsi le passage pour un bateau.
- Un pont transbordeur aussi appelé *pont à transbordeur*, est une structure métallique enjambant un port, un canal ou un fleuve, pour faire passer les véhicules et les personnes d'une rive à l'autre dans une nacelle (ou transbordeur) suspendue à un chariot roulant sous le tablier..
- Un pont-levis est un pont mobile qu'on abaisse et relève, pour ouvrir ou fermer le passage au-dessus d'un fossé encerclant un ouvrage fortifié.
- Un pont flottant.

5.2.1 Pont levant proprement dit (tablier soulevé entre piliers)**:**



Figure 5.1 : Pont levant de Nantes (1903- France, 141 m)

5.2.2 Pont transbordeur,



Figure 5.2 : Pont transbordeur de Duluth (1907-Minnesota-USA. 120 de long.)

5.2.3 Pont tournant



Figure 5.3 : Pont tournant entre Newcastle upon Tyne et Gateshead en Angleterre (2006 -2009)



Figure 5.4 : Le pont rotatif du millénaire de Gateshead en Angleterre pour piétons et vélos (126 m de long. # 1989-2001)

5.2.4 Pont basculant est un pont mobile dont le tablier peut se relever par rotation.

Le plus célèbre de pont basculant est le Tower Bridge (286,50 m de long.) de Londres.



Figure 5.5 :   Tower Bridge (1884-1894 en Angleterre-Londres)

En **Tunisie**, le pont basculant de **Bizerte**.
Longueur : 105 m
Largeur : 13,10 m
Hauteur : 15 m
Matériau : acier
Construction : 1978-1980



Figure 5.6 : Pont basculant de Bizerte

5.2.5 Pont levis est un type de pont mobile qui se baisse et se lève pour ouvrir ou fermer le passage au-dessus d'un bras de mer, d'un fossé encerclant un ouvrage fortifié.



Figure 5.7 : Pont de Palais de Saint-Pétersbourg (260,1 m 1916-Russie)

5.2.5.1 Ponts levis articulé

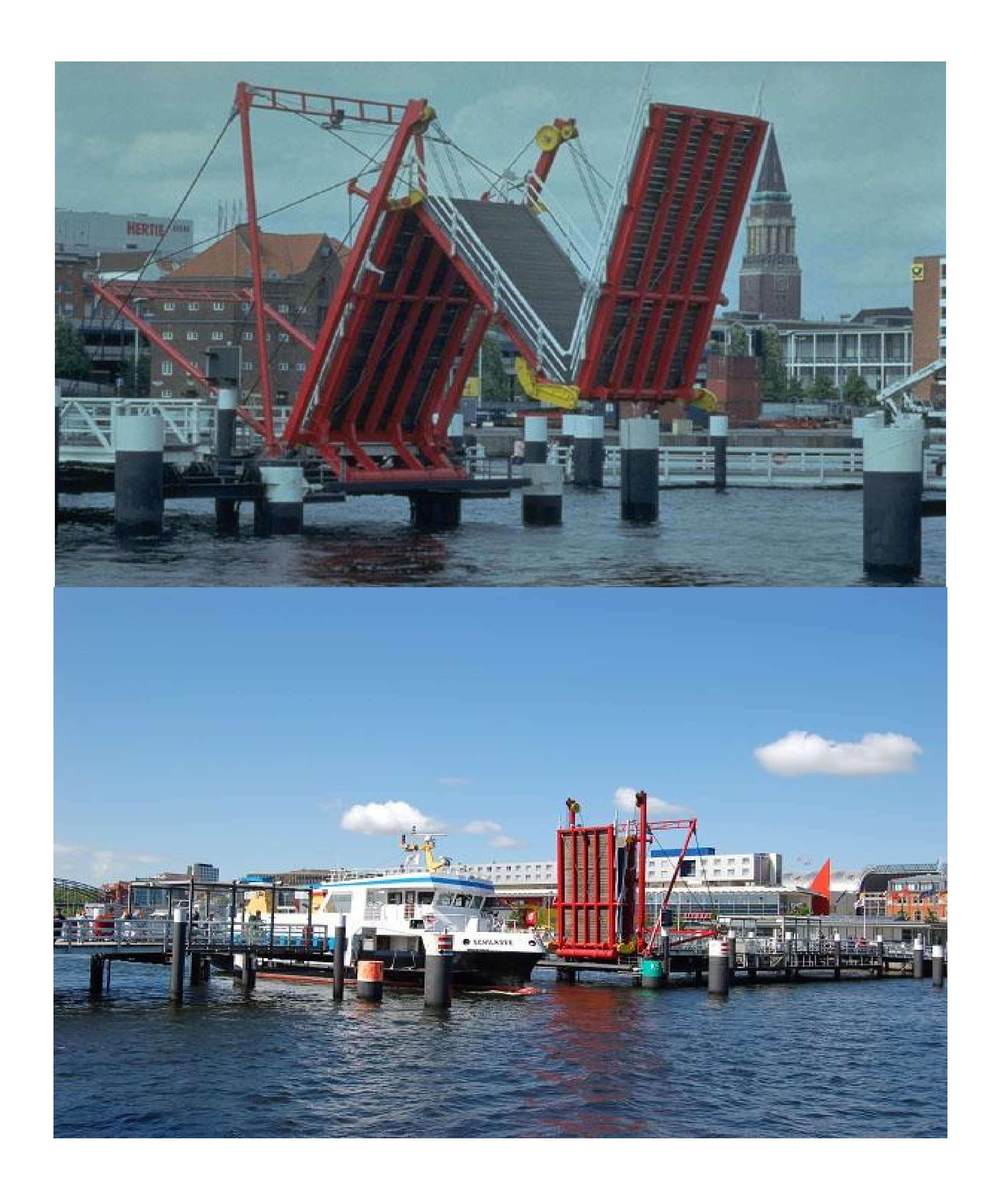


Figure 5.8 : Pont articulé à Kiel en Allemagne. (En deux phases d'ouverture)

5.2.5.1 Ponts levis roulant

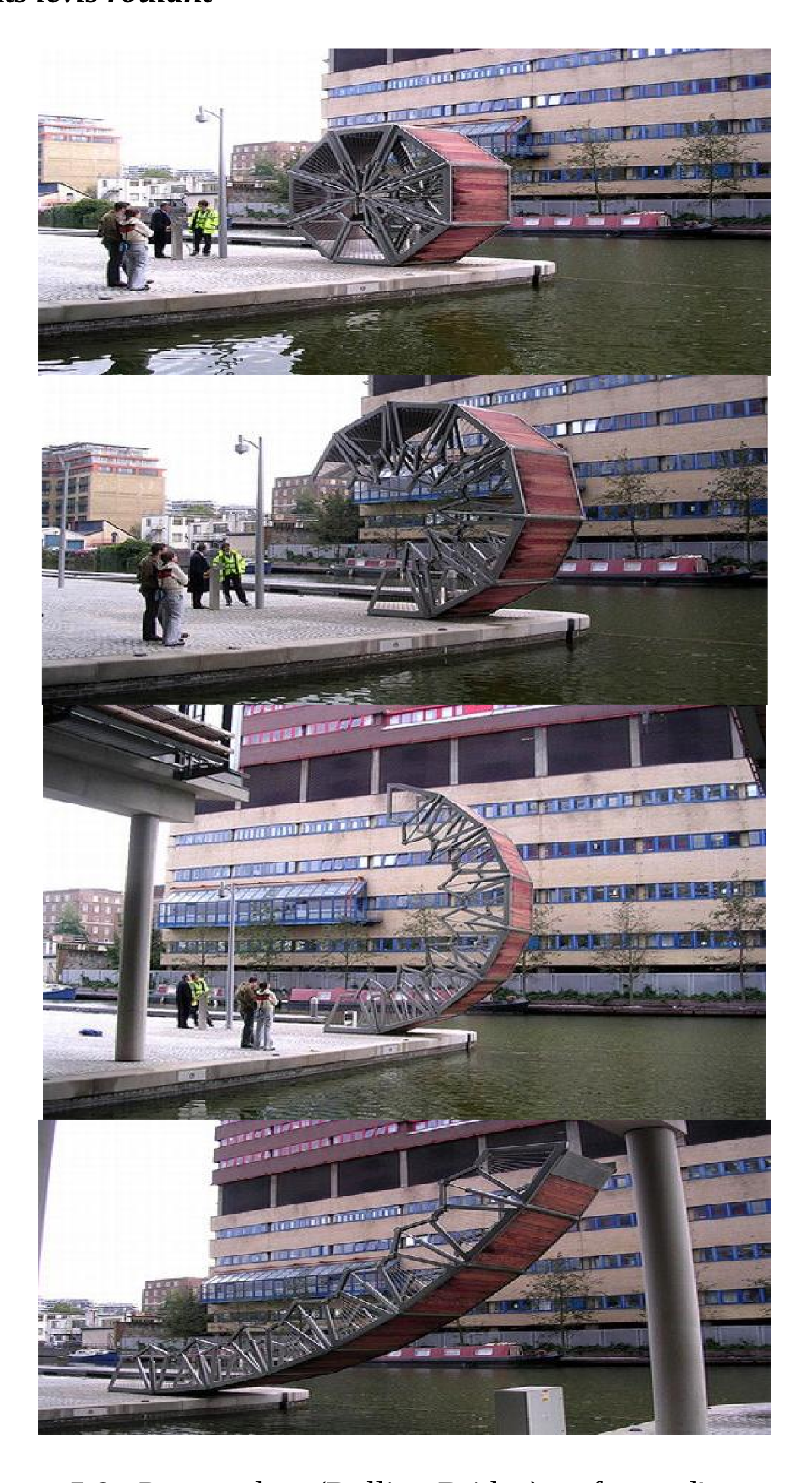


Figure 5.9 : Pont roulant (Rolling Bridge) en forme d'octogone.
Passerelle pour piétons.(en différentes phases d'ouverture)

5.2.5.2 *Ponts flottant*

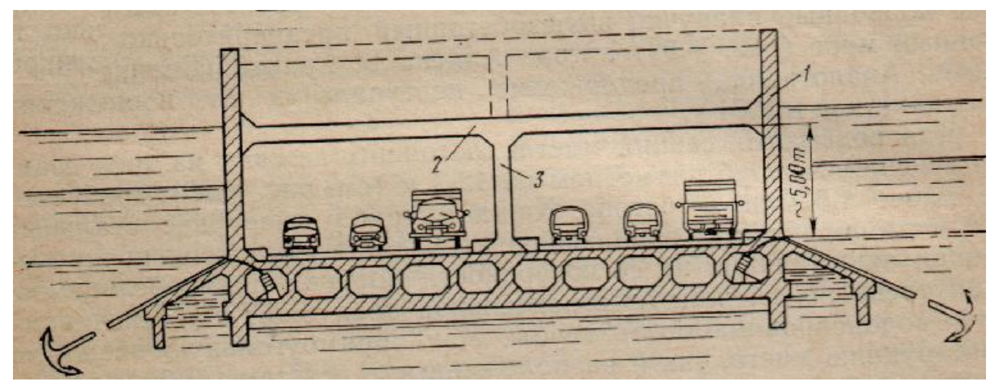


Figure 5.10 : Pont flottant 1re variante.

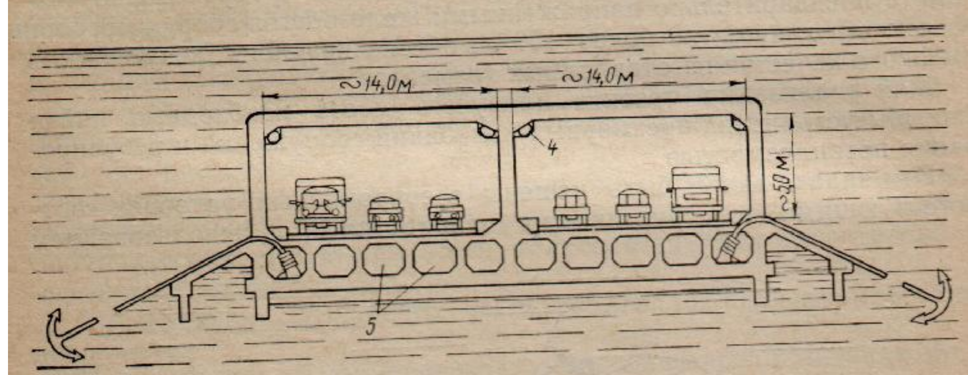


Figure 5.11 : Pont flottant 2iéme variante.

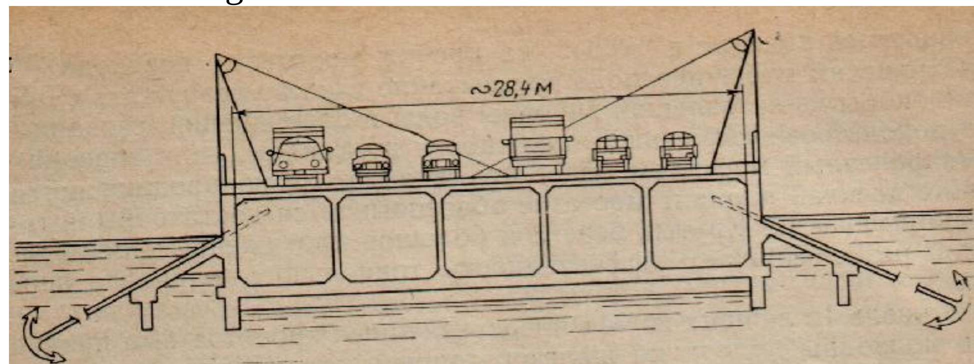


Figure 5.12 : Pont flottant 3iéme variante.

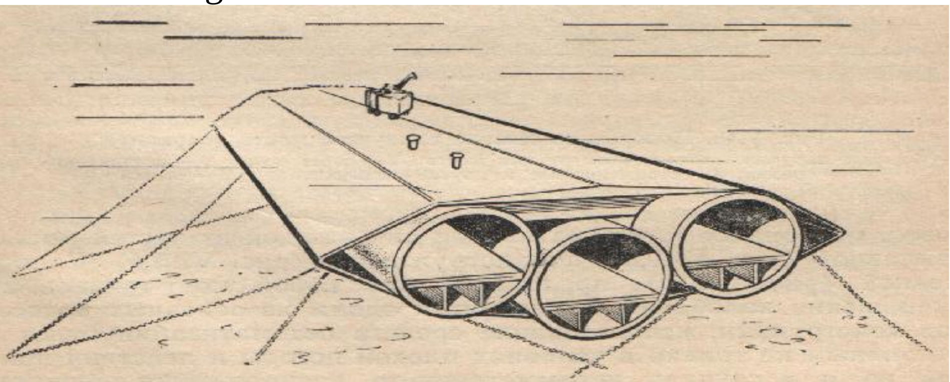


Figure 5.13 : Pont flottant en Italie 4iéme variante.

6. Selon la structure et coupe transversale

La conception architecturale générale d'un ouvrage de franchissement fixe fait appel aux trois modes fondamentaux de fonctionnement mécanique des structures (flexion, compression et traction) pour donner cinq types de ponts fixes : les ponts à poutres, les ponts en arc, les ponts à voûtes, , les ponts suspendus et les ponts à haubans.

6.1 Les ponts à poutres

6.1.1 Poutres en simple $T_é$ (sans talon).

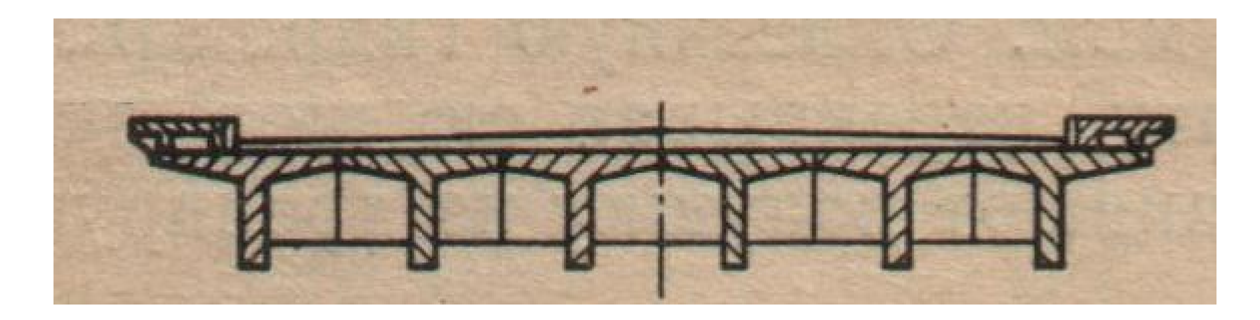


Figure 6.1 : Pont à poutres sans talon

6.1.2 Poutres en double $T_é$ (avec talon).

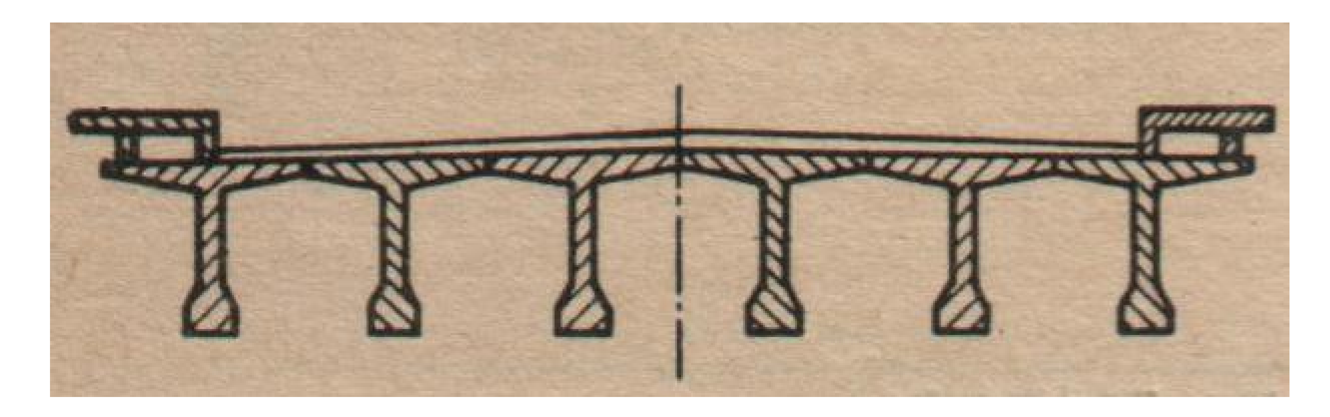


Figure 6.2 : Pont à poutres avec talon

6.1.3 Poutre caisson - monotubulaire

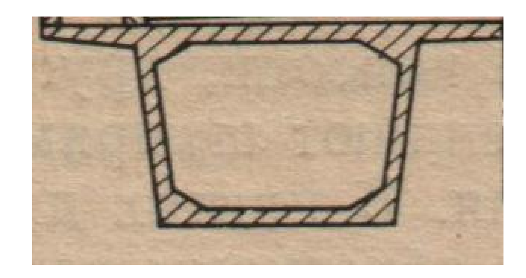


Figure 6.3 : Pont à poutres monotubulaires

6.1.4 Poutre caisson- bitubulaire

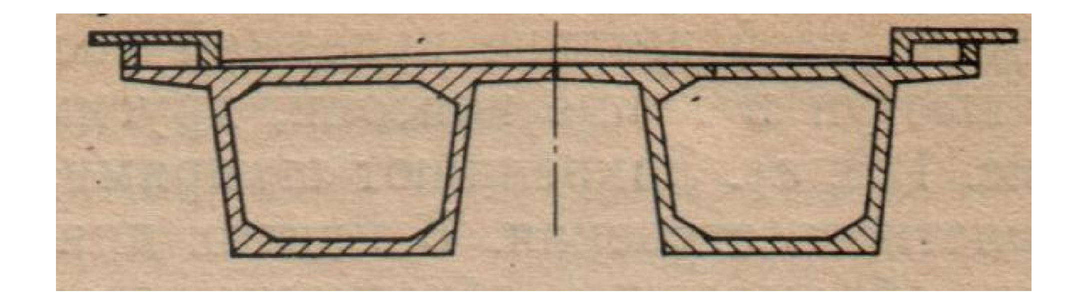


Figure 6.4 : Pont à poutres bitubulaires

6.1.5 Poutre caisson- tritubulaire

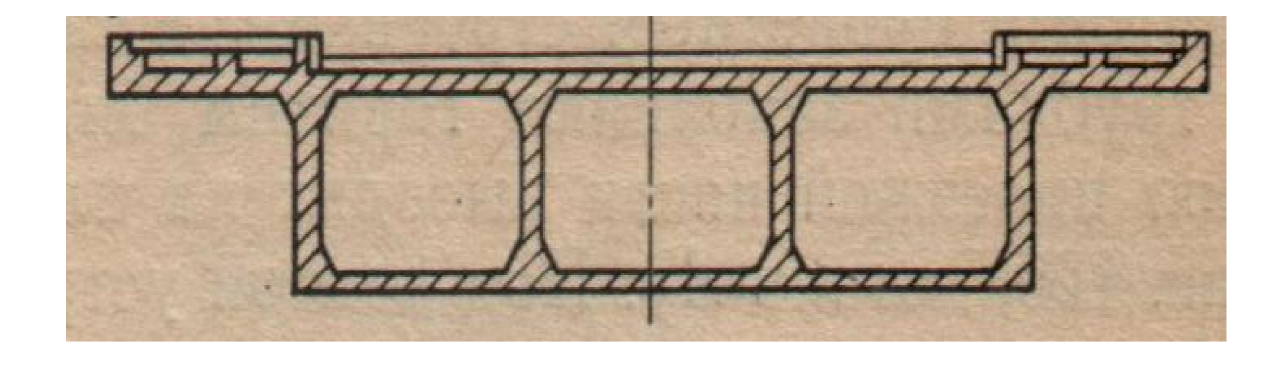


Figure 6.5 : Pont à poutres tritubilaires

7.1 *Les ponts-dalles*

7.1.1 Dalles pleines rectangulaires



Figure 7.1 : Dalle rectangulaire

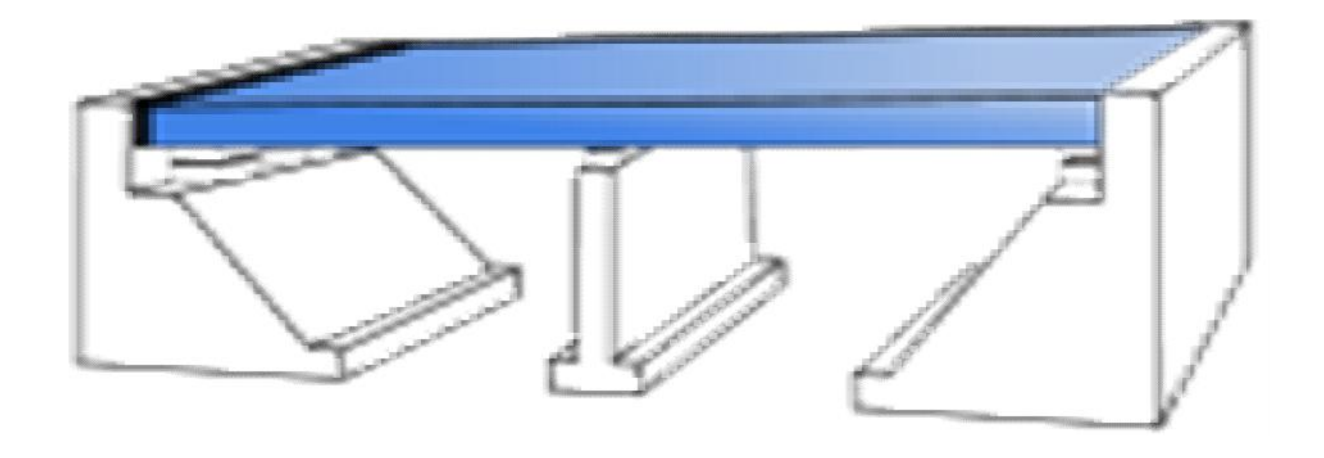


Figure 7.2 : Pont dalle

7.1.2 Dalle à encorbellement



Figure 7.3 : Pont dalle à encorbellements

7.1.3 Dalle nervurée

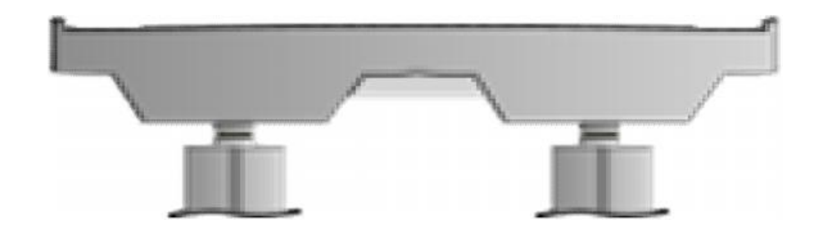


Figure 7.4 : Pont dalle nervurée

7.1.4 Pont dalle élégie

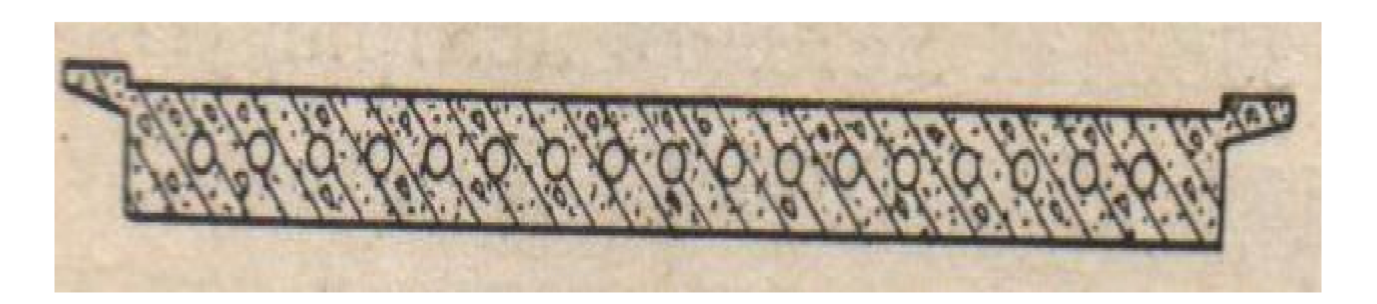


Figure 7.5 : Dalle évidée

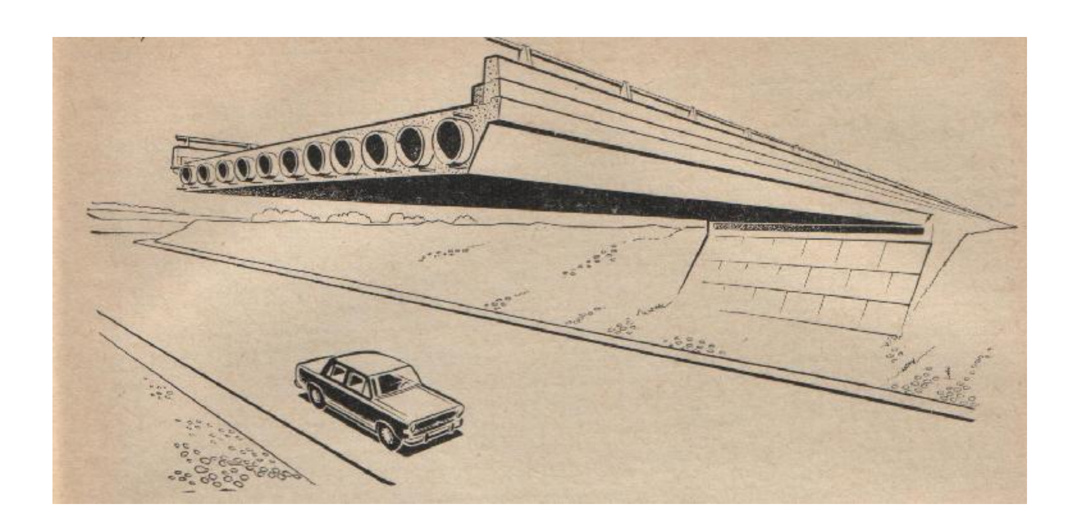


Figure 7.6: Pont dalle élégie. (à tubes en béton précontraint aux USA.)

7.1.5 Pont en cadre ouvert

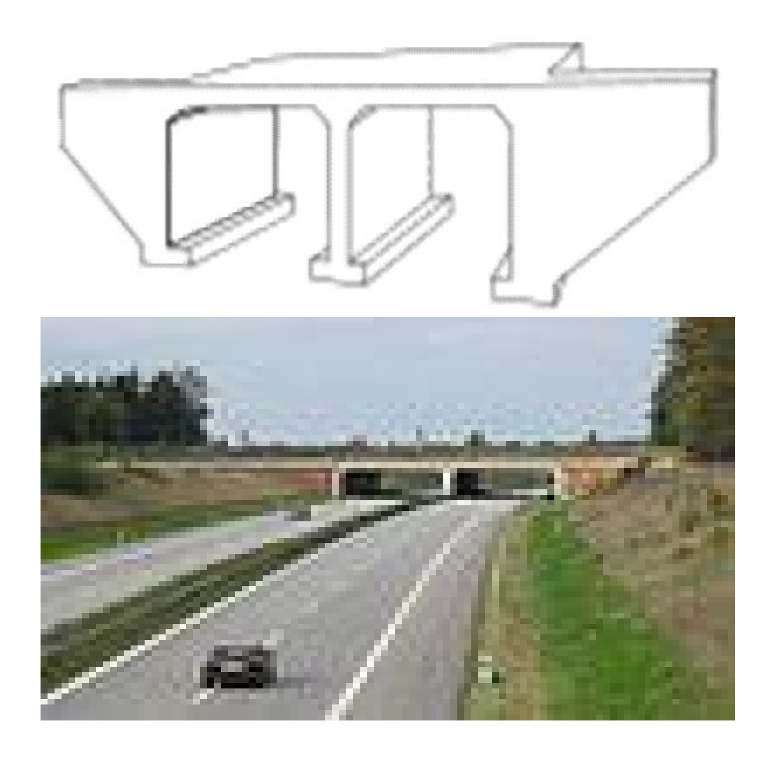


Figure 7.7 : Pont dalle –cadre ouvert.

7.1.6 Pont cadre fermé



Figure 7.8 : Pont dalle –cadre fermé

8 Selon leur schéma statique longitudinal

8.1 Pont à travées indépendantes

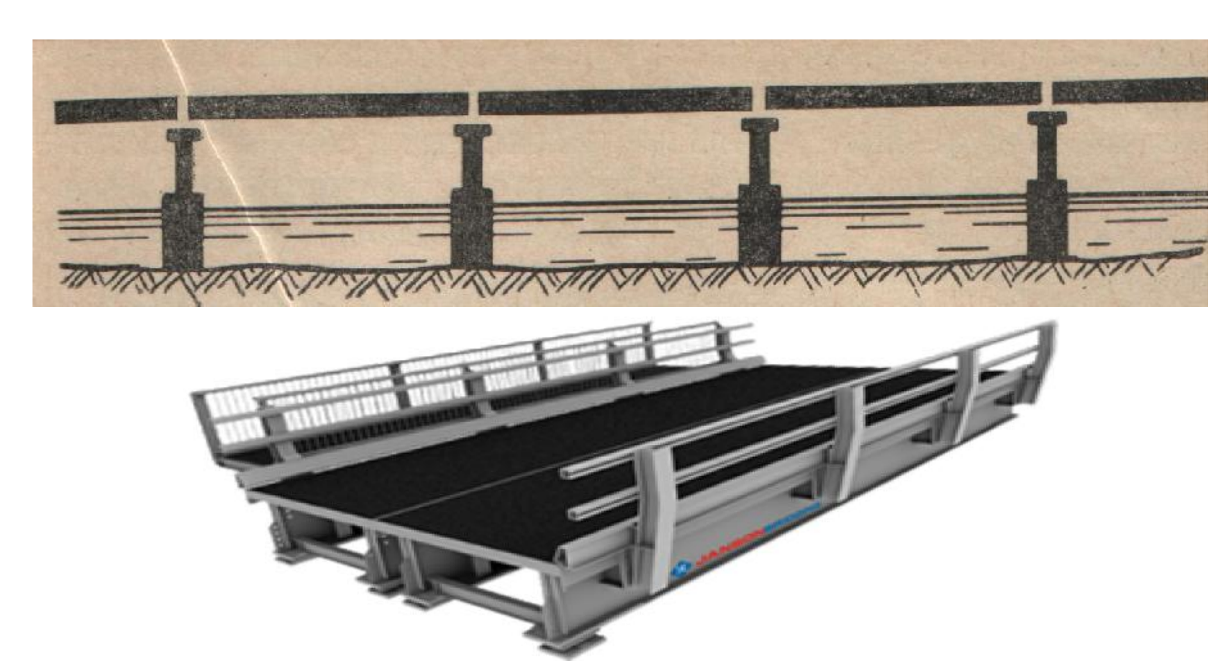


Figure 8.1 : Pont à travées indépendantes

8.2 Pont à travées continues



Figure 8.2 : Pont à travées continues

8.3 Pont à poutres cantilever

Un **pont à poutres en porte-à-faux** ou plus simplement **pont cantilever** (de l'anglais pour « porte-à-faux ») est un pont dont le tablier est constitué de poutres construites en porte-à-faux (ou, autrement dit, "en console" ou bien "par encorbellements successifs"). Ce mode de construction permet de ne pas utiliser de cintre ni d'échafaudages au sol lors de la construction.

8.3.1 Pont à poutres cantilever du premier type

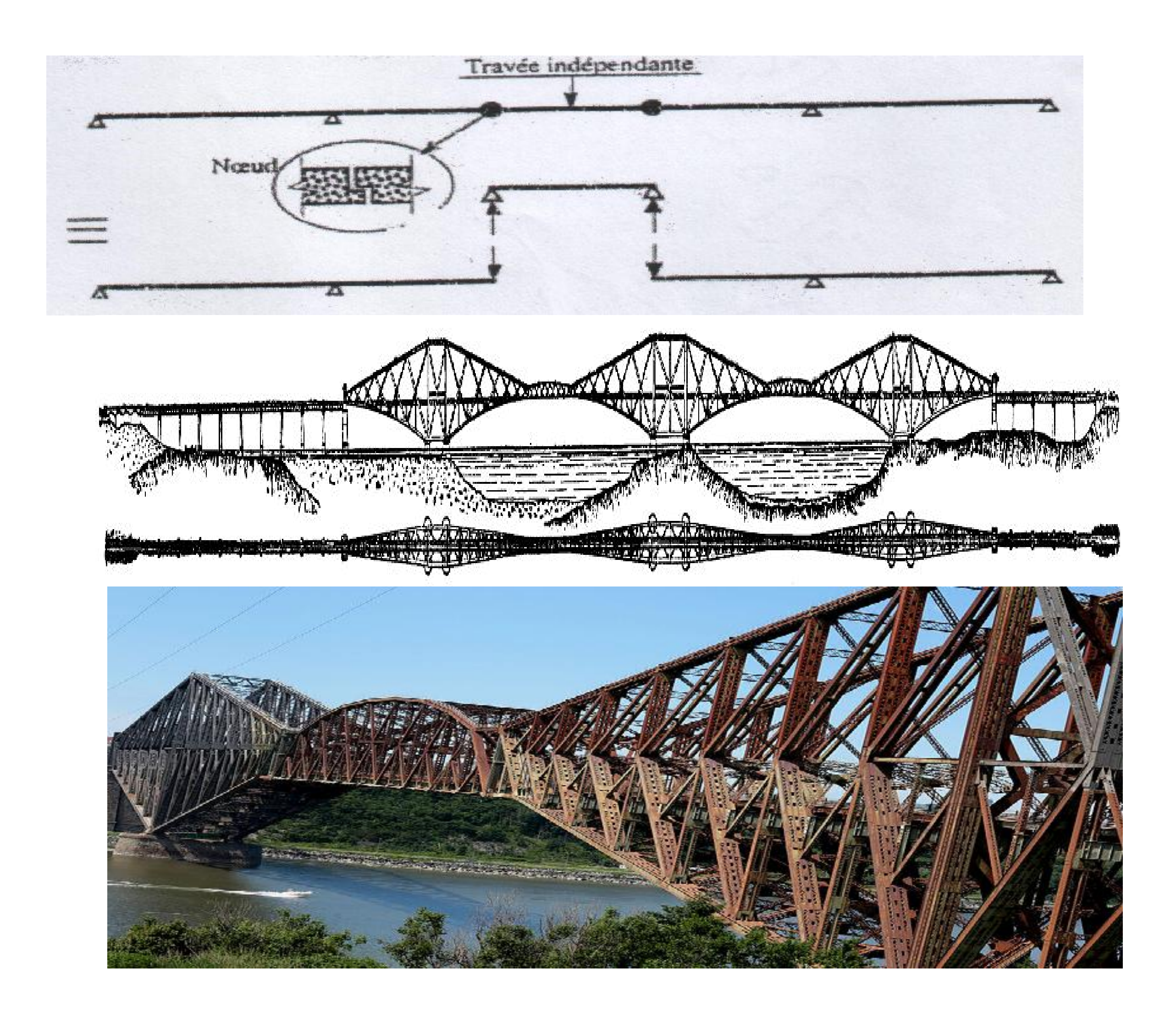


Figure 8.3 : Pont cantilever du premier type

8.3.2 *Pont à poutres cantilever du deuxième type*

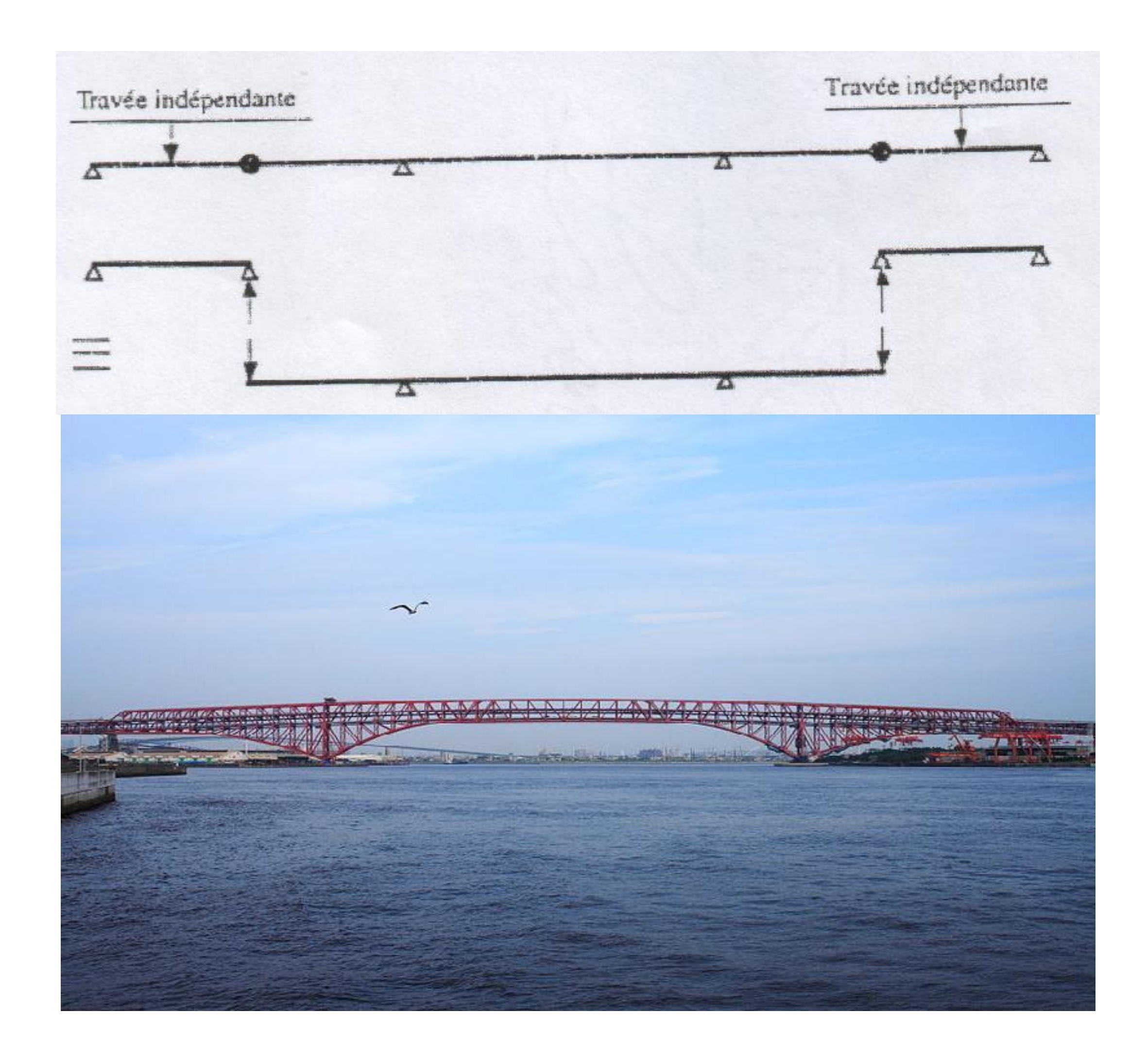


Figure 8.4 : Pont cantilever du deuxième type

9 Selon le type de voûte (Pont en arc)

Un **pont en arc** est un pont dont la ligne de la partie inférieure (intrados), est en forme d'arc. Dans ces ponts, l'ensemble de charges permanentes ou temporaires appliquées au pont est repris dans l'arc en compression pour être transféré sur les appuis en rives, les culées.

9.1 Pont en arc encastré



Figure 9.1 : Pont en arc encastré (à tabliers : supérieur, intermédiaire et inférieur)

9.2 Pont en arc biarticulé (1 : rotule).



Figure 9.2 : Pont en arc biarticulé (à tabliers : supérieur, intermédiaire et inférieur).

9. 3 Pont en arc triarticulé

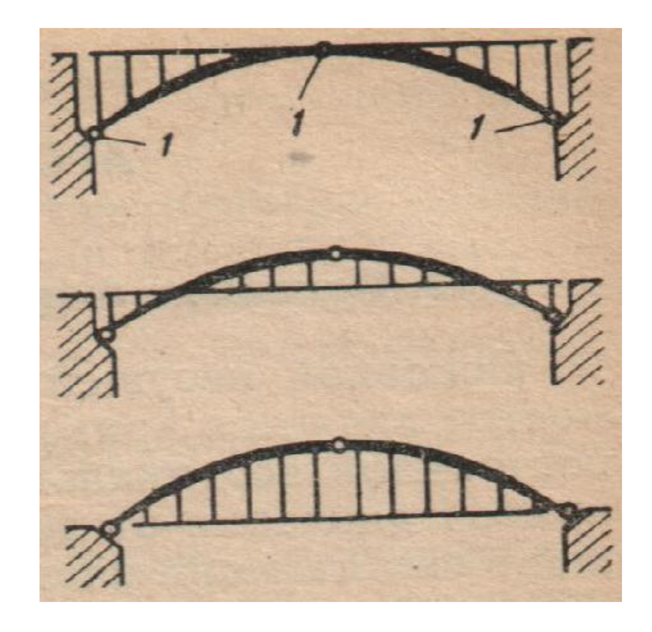


Figure 9.3 : Pont en arc triarticulé (à tabliers : supérieur, intermédiaire et inférieur)

9.4 Pont à béquilles : Le pont à béquilles est un type de ponts dont le tablier est supporté par des béquilles. Les ponts à béquilles peuvent être assimilés à des *ponts en arc.*

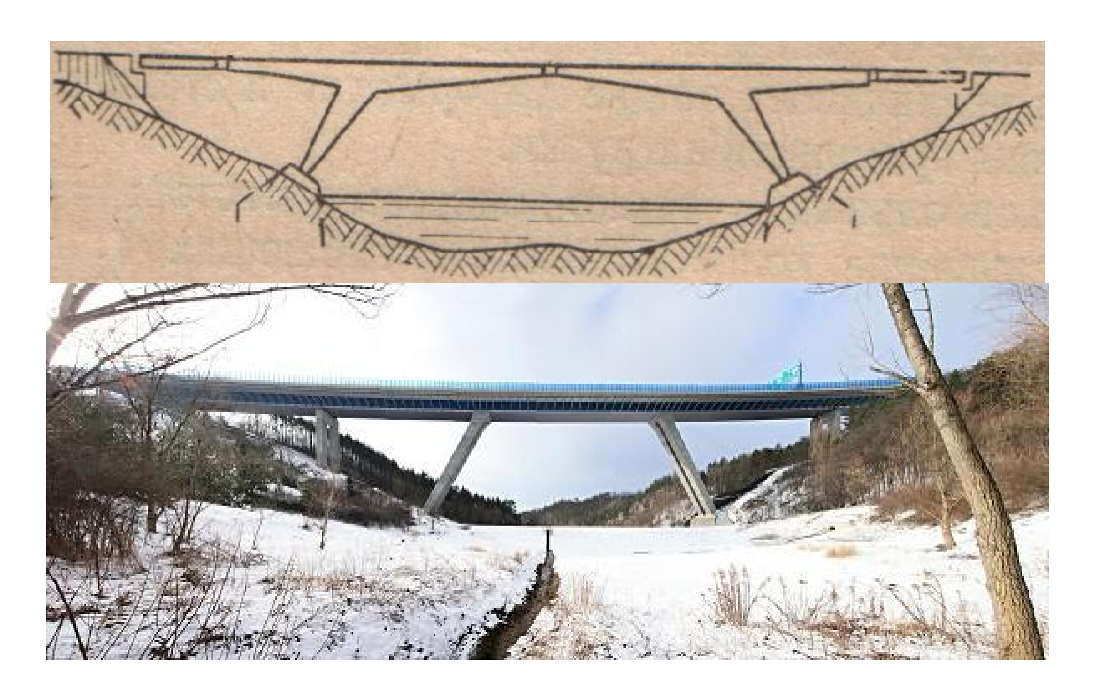


Figure 9.4 : Pont à béquilles

10 Ponts à câbles

10.1 Ponts suspendus

Les ponts suspendus se présentent sous la forme d'une structure comportant un tablier en acier ou en béton, assurant la continuité de la voie portée et la répartition des charges, et des organes porteurs : les suspentes, les câbles et les pylônes. Les suspentes supportent le tablier et transmettent les charges aux câbles porteurs. Ces derniers, d'allure parabolique, transmettent une réaction verticale sur les pylônes et des efforts de traction dans des câbles de retenue amarrés sur des massifs d'ancrages, excepté pour les ouvrages dits « auto-ancrés » où les câbles sont amarrés sur le tablier.

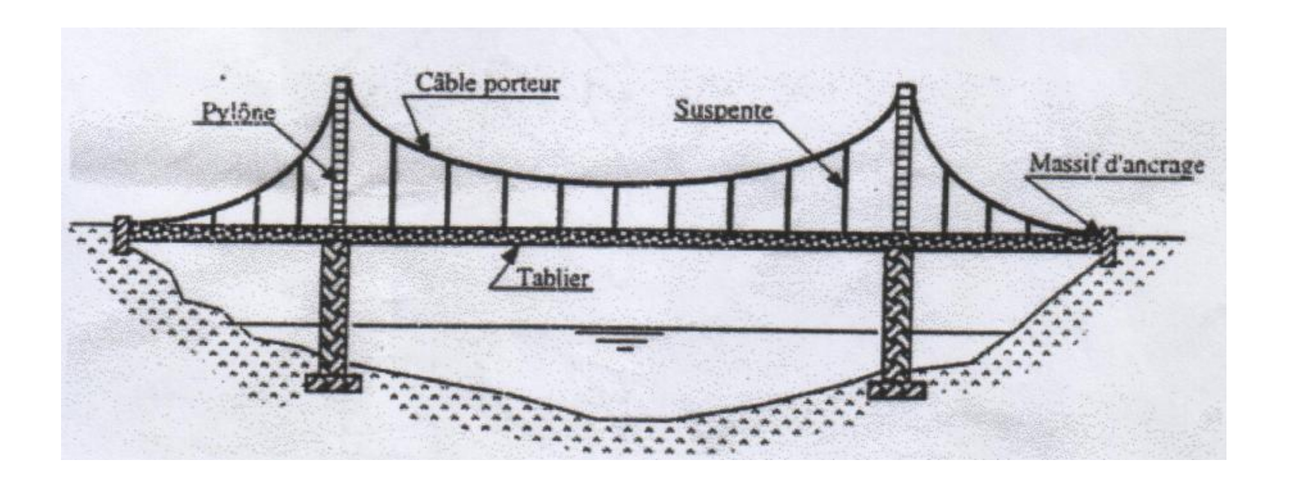


Figure 10.1 : Pont suspendu à trame quadrillée

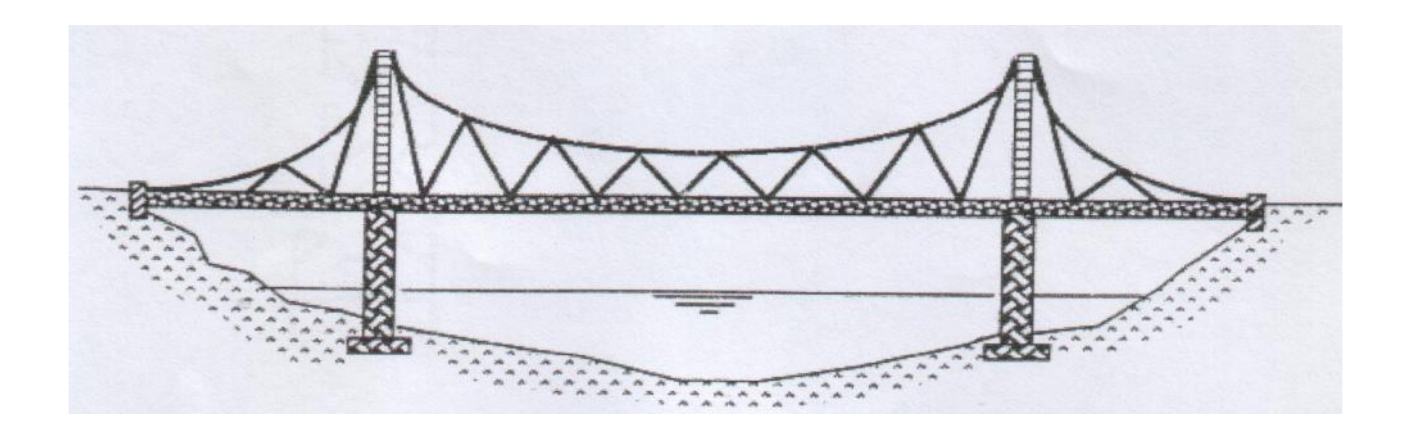


Figure 10.2 : Pont suspendu à trame triangulaire

10.2 Ponts à haubans : ils sont une variété de ponts où le tablier est suspendu par des câbles issus de pylônes.

10.2.1 Pont à haubans en éventail

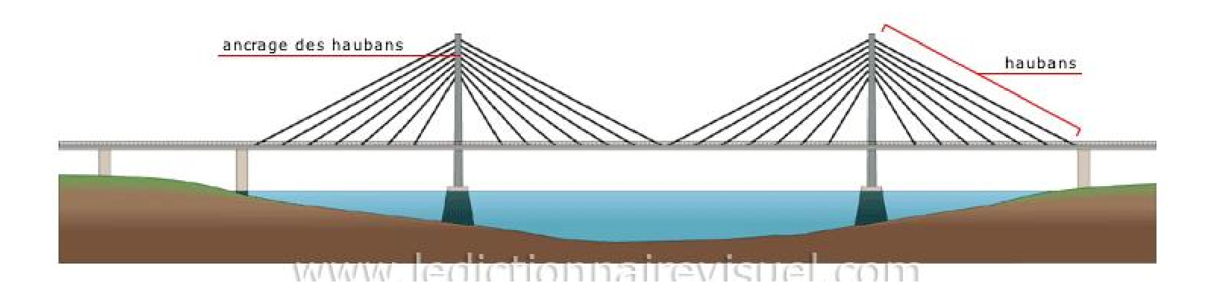


Figure 10.3 : Pont à haubans en éventail

10.2.2 Pont à haubans en harpe

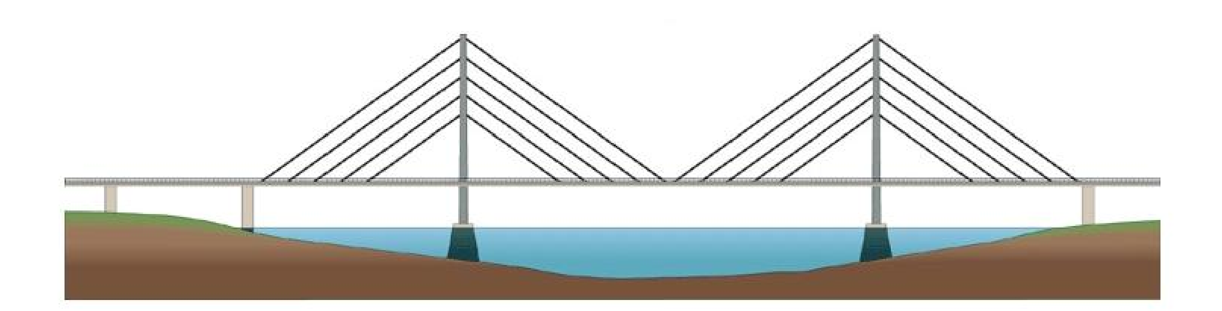


Figure 10.4 : Pont à haubans en harpe

11 Analyse de procède de construction

11.1 Les ponts construits sur étaiements (échafaudages porteurs au sol ou sur cintre)

Quand le tablier situé à faible hauteur au-dessus d'un sol de bonne portance (résistance). La méthode de construction la plus simple et la plus économiques consiste à bétonner le tablier sue échafaudage ou sur un cintre directement appuyé au sol.



Figure 11.1 : Cintre en bois fabriqué pour la construction d'un pont en arc moderne

11.2 Les ponts à poutres préfabriquées lancées

Ce procédé de construction consiste à réaliser le tablier au moyen de poutres préfabriquées, mise en place sur leurs appuis définitifs avec des dispositifs de manutention et de pose appropriée et reliée entre elles, dans les sens transversal, par un hourdis sous chaussée et entretoises.

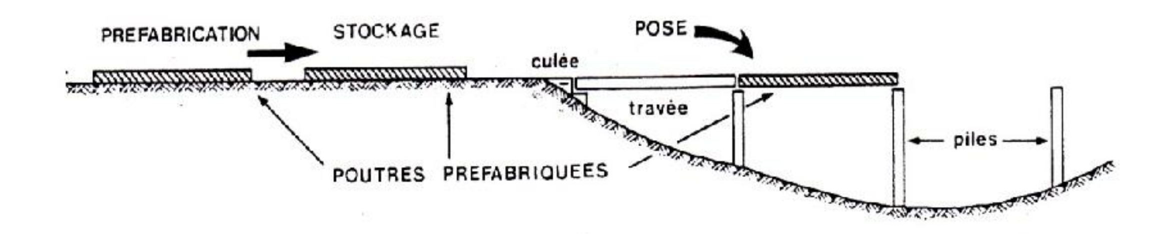


Figure 11.2 : Lancement et la mise en place des poutres préfabriquées

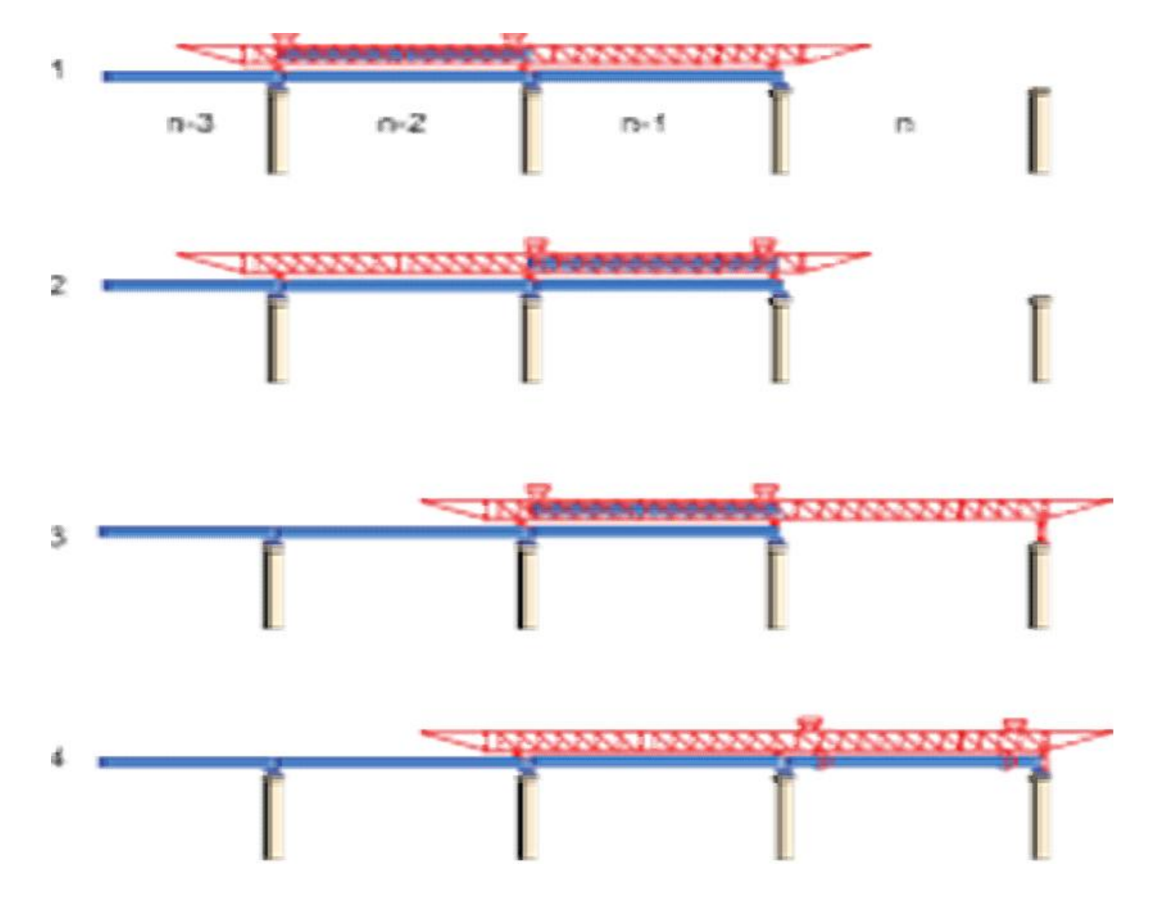


Figure 11.3 : Les quatre étapes d'une construction d'un pont à poutres par préfabrication puis lançage à l'aide d'un cintre lanceur.

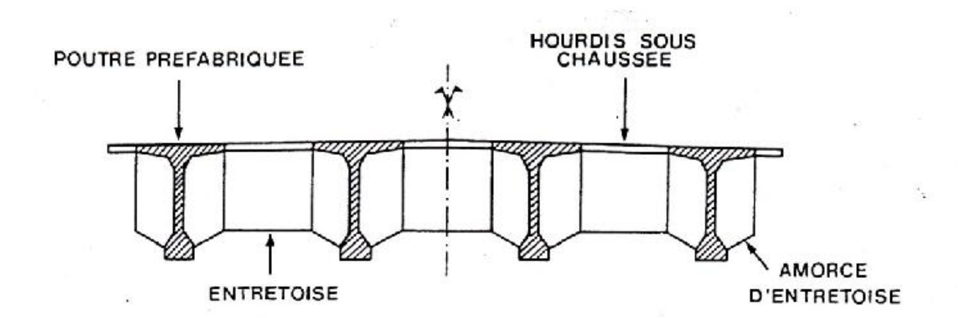


Figure 11.4 : Coupe transversale de pont à poutres préfabriquées

11.3 Les ponts mis en place par poussage

Ce procédé consiste à construire le tablier par éléments successifs sur une aire située à l'arrière des culées et orienté suivant l'axe de l'ouvrage, puis l'amener dans sa position définitive en lui subir une translation longitudinale.

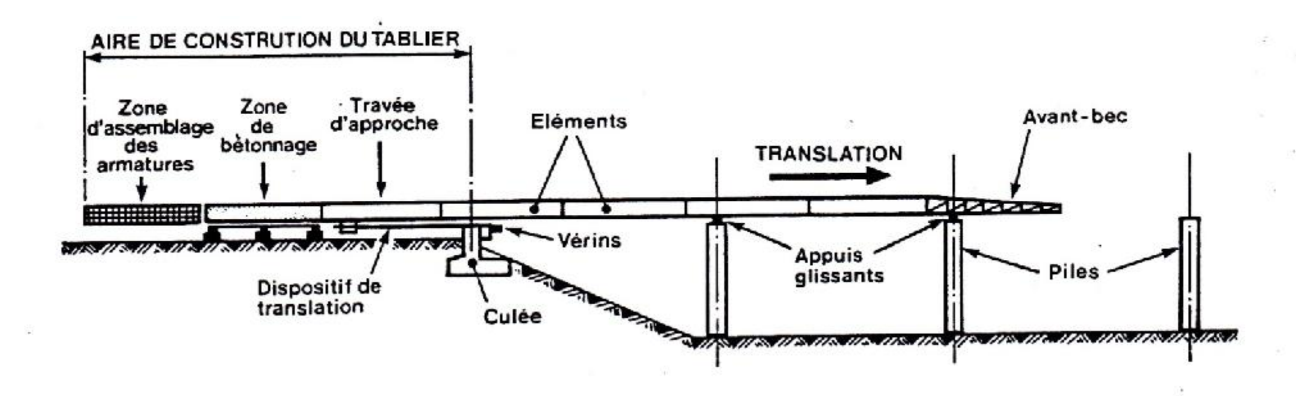


Figure 11.5 : Principe de construction des tabliers par poussage

NB : Pour rattraper la déclivité naturelle de la charpente (due à son poids) et lui permettre de passer au dessus de chaque pile, on installe sur le devant du tablier un avant-bec.



Figure 11.6 : Avant-bec

Cependant, l'avant-bec ne suffit pas, c'est pourquoi on place, au niveau du point d'appui de départ et sous la charpente, une cale : (Les images suivantes sont uniquement explicatives et illustrent de manière exagérée les faits).

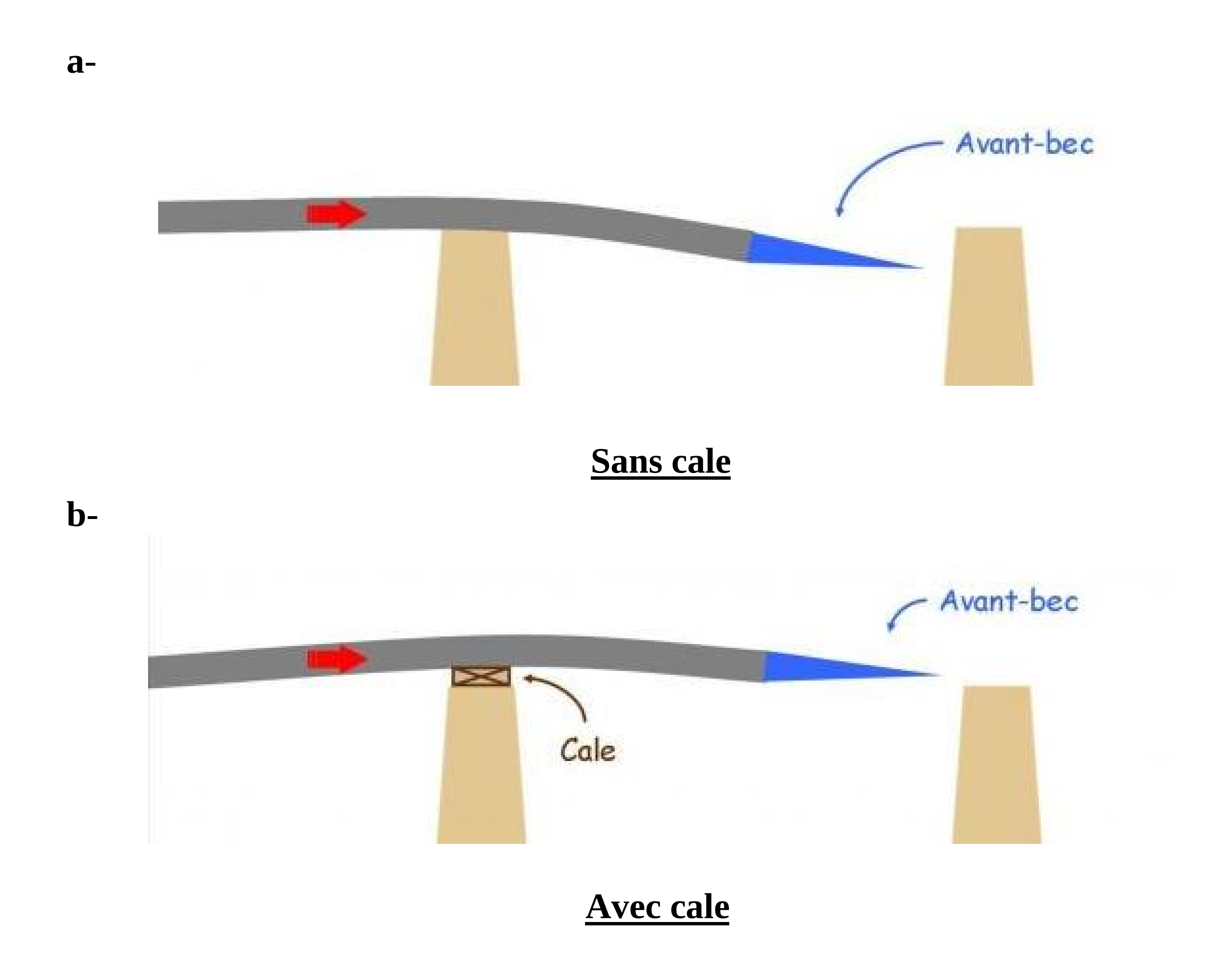


Figure 11.7 : Avant-bec, sans (**a**) et avec (**b**) cale

11.4 Les ponts construits sur cintre autoporteurs et auto-lanceurs

[Le cintre *auto-lanceur* (*ou auto-porteur*), est un dispositif qui soutient et transporte le coffrage en s'appuyant sur les piles. Ce type de cintre permet la construction de ponts et viaducs de grandes hauteurs, où le cintrage sur le sol serait impossible.**]**

Ce procédé consiste à construire le tablier sur cintre métallique autoporteur, s'appuyant sur les appuis définitifs de l'ouvrage (pile et culée) et éventuellement sur la partie déjà exécutée du tablier et pouvant se déplacer d'une manière autonome d'une travée à l'autre, d'où son nom de cintre auto-lanceur. *(Relatif à un système de construction des ponts par ajouts successifs de travées)*

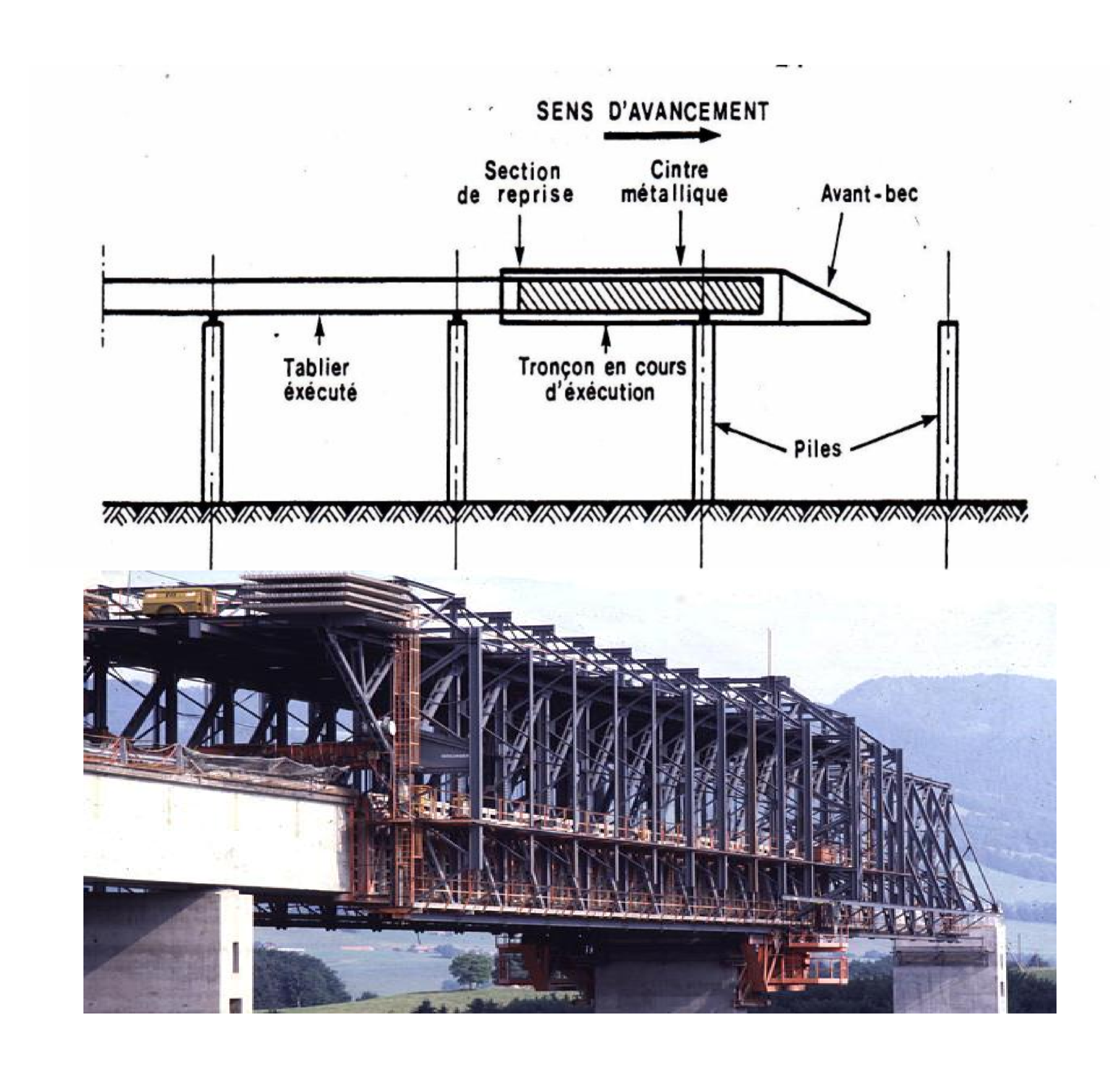


Figure 11.8 : Principe de construction de ponts sur cintre auto-lanceurs

11.5 Les ponts construits par encorbellement successifs

Ce procédé de construction consiste à réaliser le tablier d'un pont à l'avancement à partir des appuis par tranches successives (voussoirs) construites par encorbellement par rapport aux précédents en faisant supporter à ses dernières le poids propre de tranches en cours de construction et, le cas échéant, celui des coffrages ou des appareils permettant leur exécution.

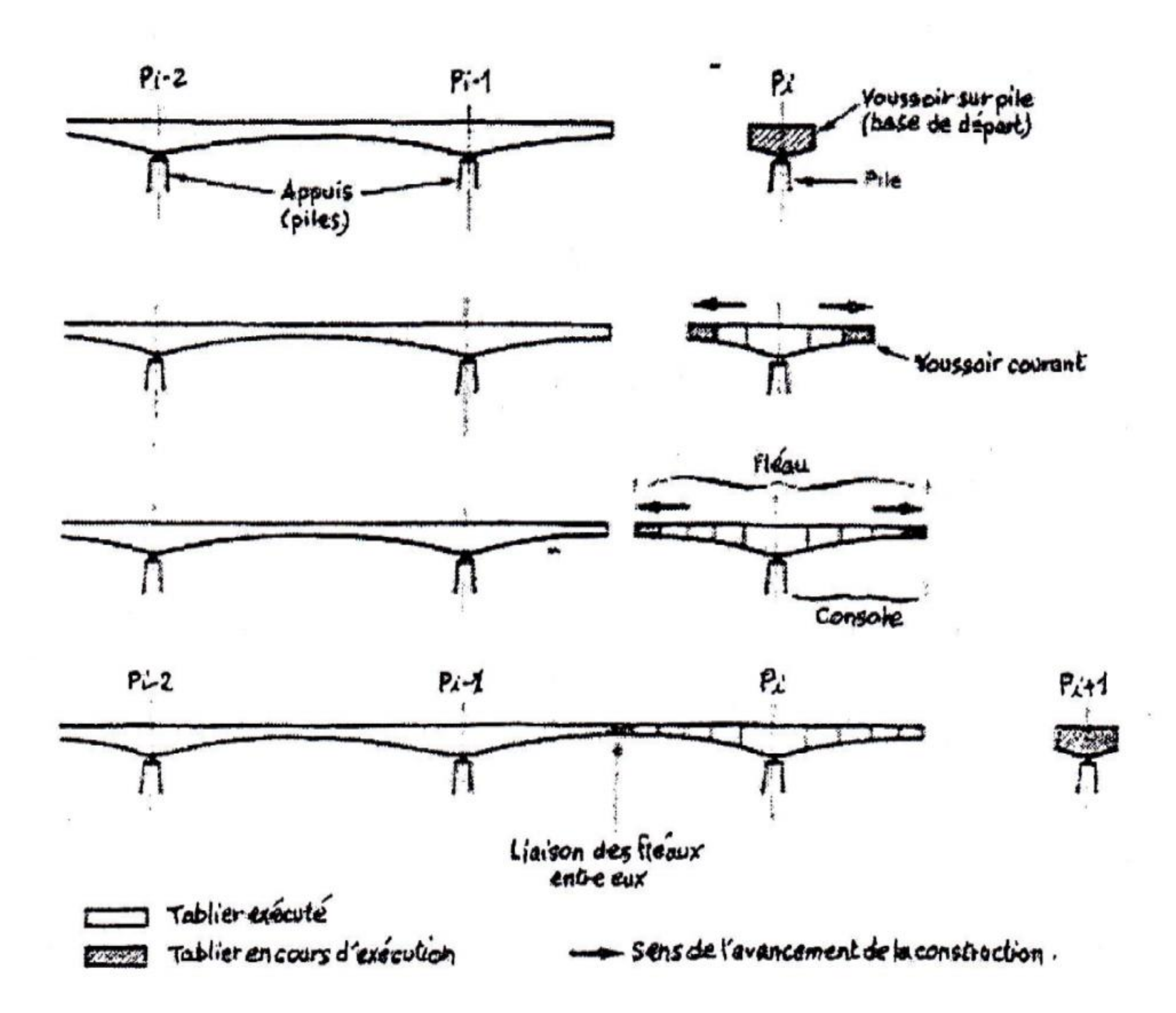


Figure 11.9 : Différentes phases du procède de construction par encorbellement

NB : On rencontre trois types de construction par encorbellement :
Construction systématique à partir des piles
Construction dissymétrique à partir des piles
Construction à partir des culées



Figure 11.10 : Construction à partir des piles.

11.6 Les ponts construits à l’avancement (voussoirs posés sur cintres, haubanage provisoire par encorbellement successifs) : Cette méthode est donc une variante de la construction par encorbellement successifs. Elle consiste à effectuer le montage du tablier de manière continue d’une extrémité de l’ouvrage à l’autre, en exécutant les voussoirs par encorbellement du même coté des diverses piles.

La plupart du temps, sur des ouvrages grands ou avec un tablier lourd, on met en place des palées provisoires entre les piles. Celles-ci vont permettre d'augmenter le nombre de points d'appui du tablier (cf. image ci-dessous N° 9.11).

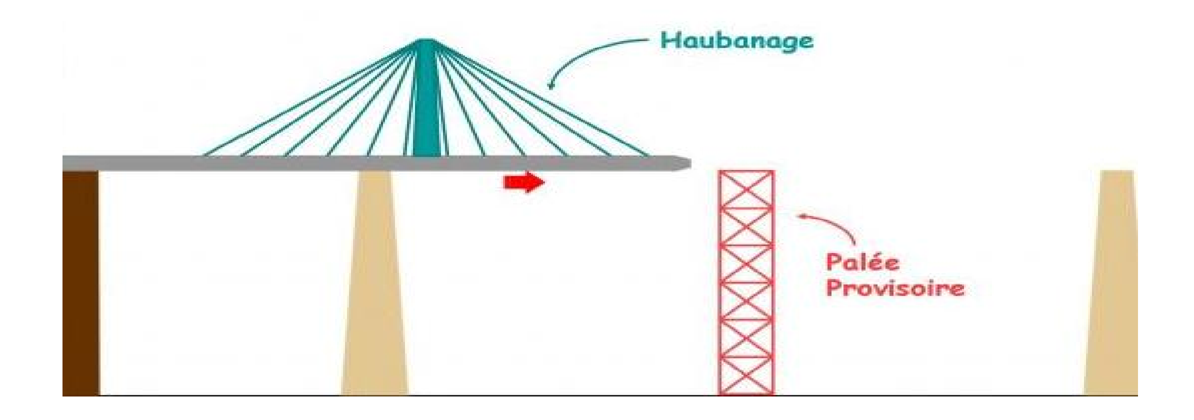


Figure 11.11 : Haubanage en présence d’une palée provisoire (tablier lourd).

En ce qui concerne les ponts à haubans, le **haubanage** est généralement mis en place sur une portion du tablier avant que celui-ci ne soit poussé. Cela permet de le soutenir (cf. image ci-dessous N° 9.11).

De plus, le poussage s'effectue parfois à partir des deux extrémités du pont. On rattache alors les deux parties du tablier au milieu.



Figure 11.12 : Haubanage et poussage des voussoirs à partir d'une seule extrémité du pont.

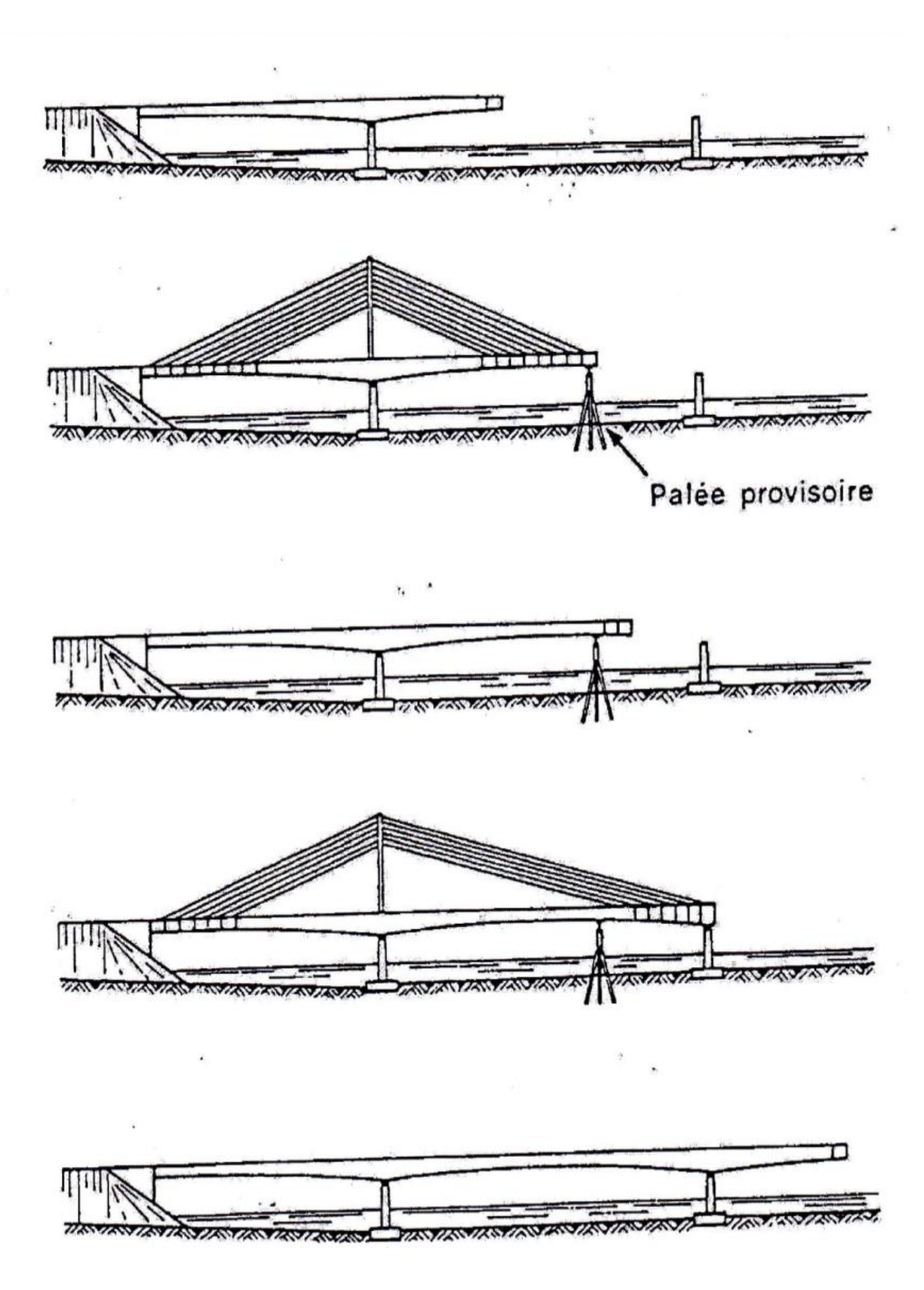


Figure 11.13 : Phases de construction d'un tablier à partir des culées à l'avancement par haubanage provisoire.

11.7 Les ponts construits par rotation

Le principe est de construire le pont parallèlement à l'obstacle à franchir et puis, par la suite, le faire pivoter pour qu'il traverse l'obstacle. La rotation se fait autour de la pile proche de l'obstacle.

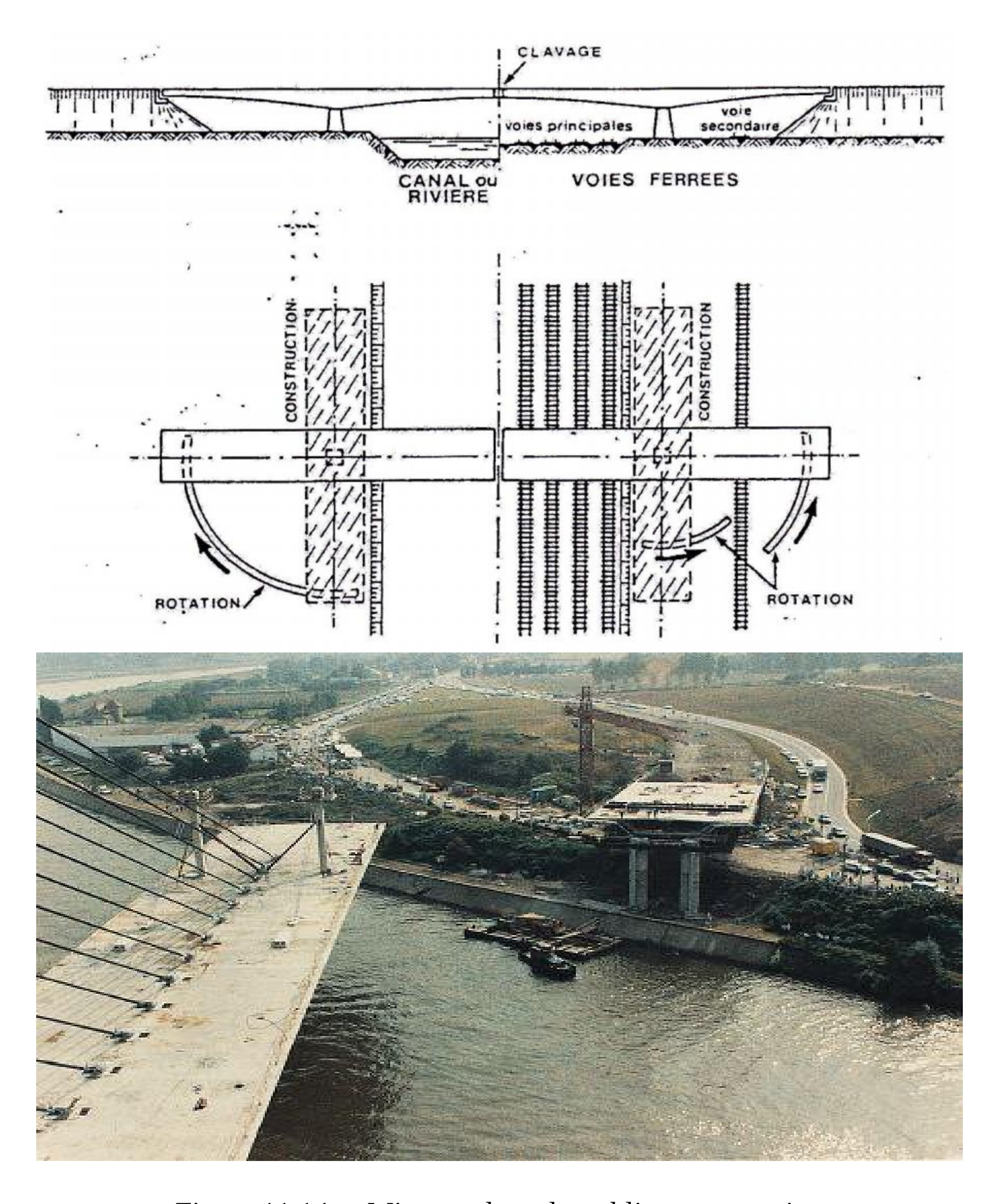


Figure 11.14 : Mise en place des tabliers par rotation

11.8 Les ponts mis en place par ripage

Le ripage consiste à construire la totalité de l'ouvrage et puis à le faire glisser à son endroit définitif. Ce procédé est surtout utilisé dans les ouvrages de chemin de fer car il nécessite très peu de temps et donc la ligne de chemin de fer est moins longtemps coupée. Evidemment, ce procédé ne concerne que les ponts de petites portées.



Figure 11.15 : Mise en place des tabliers par ripage à Boissy Saint-Léger en France



Figure 11.16 : Le pont en service